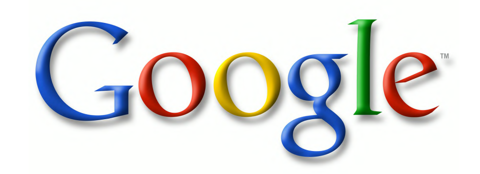
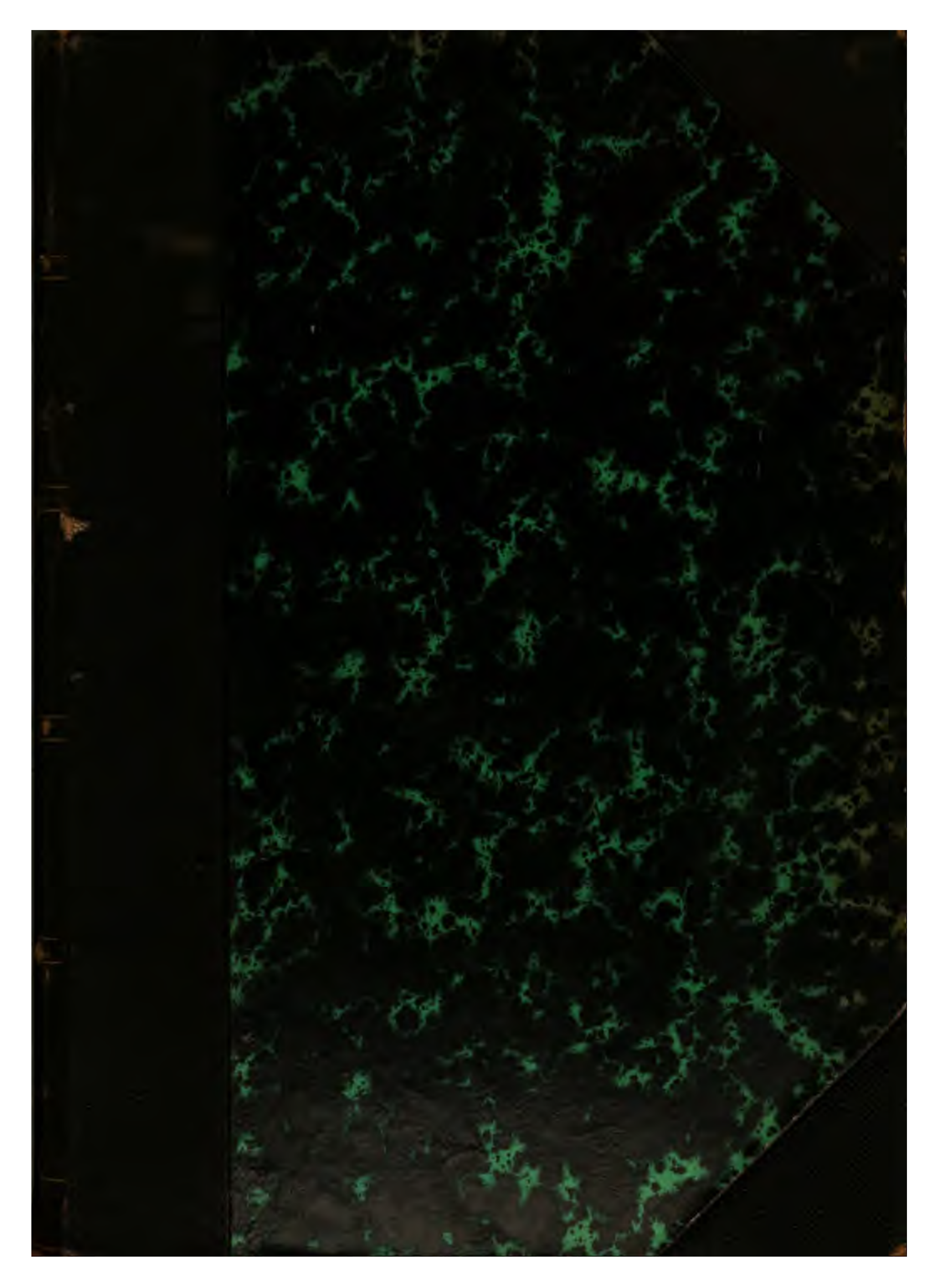








ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.

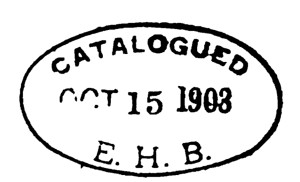
SIEBENUNDVIERZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1903.


BOSTON MEDICAL
OCT 15 1903
LIBRARY.


CATALOGUED
OCT 15 1903
E. H. B.

Inhalt.

Über die Beziehungen zwischen menschlicher Atmung und künstlicher Beleuchtung.

Von

Privatdozent Dr. **Heinrich Wolpert.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

In der vorliegenden Arbeit suchte ich einen experimentellen Beitrag zur Lösung der Frage zu bieten, ob in beengten Wohnungen die Produkte der menschlichen Atmung einen Einflufs auf die Leuchtkraft der Lampen und vielleicht auch die Produkte der künstlichen Beleuchtung wiederum einen Einflufs auf die menschliche Atmung auszuüben vermögen.

Beachtenswerte Versuche über den »Einflufs der Luftveränderung auf die Leuchtkraft der Flammen« sind bereits vor längerer Zeit von Bunte[1]) angestellt worden, der mit Argandbrennern, Schnittbrennern und der Hefnerlampe arbeitete. Er zog aus seinen Versuchen den Schlufs, dafs die Zuführung von Kohlensäure schädlicher als die Entziehung von Sauerstoff, am schädlichsten aber die gleichzeitige Zuführung von Kohlensäure und Entziehung von Sauerstoff auf die Leuchtkraft der Gasflammen wirke.

Die Versuchsanordnung Buntes war im wesentlichen folgende:

Eine Vergleichsflamme brannte in freier, reiner Zimmerluft, die Versuchsflamme daneben in einem Glaszylinder von 120 cm

1) Journal f. Gasbeleuchtung, 1891, S. 310. Gesundheitsingenieur, 1890, S. 531.

Höhe und 33 cm Durchmesser. Unten und oben war der Glaszylinder durch Blechdeckel geschlossen, welche Öffnungen für den Eintritt der Luft und den Austritt der Verbrennungsprodukte besafsen. Um die Versuchsflamme mit Luft von verschiedener Beschaffenheit speisen zu können, war am Boden des Zylinders ein seitlich heraustretendes weites Rohr angebracht; in dieses wurde Kohlensäure u. s. w. eingeleitet und gelangte mit der gleichfalls hier eintretenden Luft in das Innere des Zylinders.

Die dem Zustrom in beträchtlichen Mengen (10—50 Promille [1]) beigemengte Kohlensäure war in Buntes Versuchen chemisch rein, beziehungsweise durch eine (dritte kleinere) Gasflamme entwickelt. Atmungsprodukte wurden in diesen Versuchen der Luft überhaupt nicht beigemengt. Ebensowenig ist dieses in ähnlichen Versuchen von v. Hefner-Alteneck[2]), Methven[3]), Georg Mayer[4]) und anderen geschehen.

Was anderseits den Einflufs künstlischer Beleuchtungsprodukte auf die menschliche Atmung, insbesondere die Kohlensäureausscheidung angeht, so liegen hierüber wohl überhaupt noch keine, strengeren Anforderungen standhaltenden Versuche vor. Die Versuche, welche an Tieren, unter anderen von Cramer[5]) angestellt sind, lassen sich nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragen, und arbeiten auch, um allenfallsige akute und schwere Schädigungen zu erweisen, durchweg mit einer sehr hochgradigen, im täglichen Leben gar nicht vorkommenden Luftverschlechterung (Cramer 20—40 ‰ CO_2 und mehr). Wenn z. B. ein Meerschwein durch einen mehrstündigen Aufenthalt in unreiner Luft, welche etwa 20 ‰ CO_2 aus Beleuchtung enthalten mag, noch keine akute Schädigung erfährt, vielmehr aufser einer gesteigerten Atmung keine besonderen Symptome bietet, so ist hiermit

1) 10—50 ‰ aus reiner CO_2 verminderten die Leuchtkraft der Gasflamme um 7—37 %.

2) Journal f. Gasbeleuchtung, 1887, S. 489.

3) Ebenda, 1890, S. 59.

4) Dieses Archiv, Bd. 37, 1900, S. 239.

5) Journal f. Gasbeleuchtung, 1891, Nr. 1—4. Dieses Archiv, 1890, Heft 3, S. 283.

aber durchaus noch nicht ausgeschlossen, dafs eine weit geringere Luftverschlechterung möglicherweise doch allmählich zu einer chronischen Schädigung des Tieres führt; und es ist durchaus nicht sicher, dafs beispielsweise 2‰ CO_2 den zehnten Teil der Wirkung von 20‰ auf den Tierkörper äufsern, ja nicht einmal dafs die Wirkung beide Male im gleichen Sinne gehen müsse. Denn es ist denkbar, dafs bei geringgradiger Luftverschlechterung die Atmung nicht gesteigert, sondern im Gegenteil erheblich abgeflacht werde, was auf die Dauer zweifellos ungünstig wirken würde. Von einem Mehrgehalt einiger Promille reiner Kohlensäure, und einem ähnlich geringfügigen Mindergehalt der Luft an Sauerstoff freilich, lässt sich keine Beeinflussung erwarten.

Bei meinen Versuchen leitete mich die Absicht, tunlichst die in kleinen Wohnungen sich bietenden hygienischen Bedingungen ohne Übertreibung nachzuahmen.

Zu diesem Zweck wurde der Pettenkofer sche Respirationsapparat des Instituts benutzt. Eine Person, die durch zahlreiche frühere Versuche an den Aufenthalt im Apparat gewöhnt war (Behr.), blieb während dieser Versuche jedesmal vier Stunden in dem $7^1/_2$ cbm grofsen Kasten, dessen Ventilation so gewählt wurde, dafs auf die Stunde ein Luftvorrat von rund 10 cbm traf[1]), und der hierbei das eine Mal künstlich beleuchtet wurde und das andere Mal nicht. In wieder anderen Versuchen befand sich ceteris paribus die brennende Lampe allein auf die Dauer von vier Stunden im Apparat. Die Luft strömte, wie in allen unseren bisherigen Respirationsversuchen, unten in den Kasten ein und oben ab. Mit Bedacht wurde keine mittlere oder grofse Petroleumlampe, sondern ein recht kleiner Rundbrenner gewählt, der nach Vorbeobachtungen höchstens etwa 25 g Petroleum stündlich konsumierte und eine maximale Leuchtkraft von weniger als 10 Kerzen aufwies. Da das Bassin etwa 225 g Petroleum fafste, so konnte eine Füllung auf mehr

1) Berechnungsbeispiel. Im 4 stündigen Versuch Nr. 7 wurden 32,2 cbm Luft durch den Kasten gesaugt. Der gesamte Luftvorrat betrug also, unter Berücksichtigung des Kastenvolums, $(32,2 + 7,5) : 4 = 9,9$ oder rund 10 cbm stündlich.

als 8 Stunden ausreichen; übrigens wurde die Lampe vor jedem einzelnen Versuch frisch gefüllt, wozu stets der gleiche Vorrat diente, und der Docht selbstverständlich vor jedem Versuch geputzt. Die überstehende Dochthöhe wurde ebenfalls, jedoch erst vom zweiten Versuch ab, tunlichst gleichmäfsig eingestellt, wobei darauf Bedacht genommen wurde, um ein Qualmen der Flamme nach Heifswerden des Zylinders zu verhüten, den Docht keinesfalls zu hoch zu schrauben. Im Verlauf des ersten Versuchs hatte sich nämlich zeitweise ein Qualmen, welches zu einer auffallend niedrigen Kohlensäureentwicklung Anlafs gab, bemerkbar gemacht und konnte nicht behoben werden, da die Lampe sich allein im Apparat befand und ein nachträgliches Betreten des Kastens nicht angängig war.

Die Lampe wurde vor und nach den Versuchen gewogen: Die Gewichtsdifferenz bedeutete den Petroleumkonsum. Aufserdem war im Verlauf der Versuche möglich, den fortschreitenden Verbrauch an Petroleum mit angenäherter Genauigkeit zu verfolgen, da die Lampe im Kasten auf einer guten Federwage, deren Skala von 5 zu 5 g geteilt war, ihren Platz fand. Durch ein Kastenfenster wurde die Flamme auch von aufsen her photometriert. Die erste Lichtmessung erfolgte etwa 10 Minuten nach Beginn des Versuchs, welche Zeit hinreichte, um den Kasten luftdicht zu verschliefsen, den Versuch in Gang zu setzen und das Photometer zu richten. Es wurde ein Webersches Photometer neuester Konstruktion, mit Lummer-Brodhunschem Prisma, welches gewisse Vorteile vor dem gewöhnlichen Prisma voraus hat, dafür jedoch eine zuweilen, besonders bei Tageslichtmessungen schwererwiegende Unbequemlichkeit (Schwierigkeit des Visierens!) mit in Kauf nimmt, benutzt. Die ferneren Lichtmessungen wurden im Verlauf des Versuchs meistens etwa alle halbe bis volle Stunde vorgenommen und häufig wurde auch noch eine letzte Lichtmessung einige Minuten nach dem Abschlufs des eigentlichen Versuchs angereiht. Es stand zu vermuten, dafs, insofern die Leuchtkraft durch die Luftverschlechterung überhaupt eine wesentliche Einbufse erfuhr, alsbald nach Öffnen der Kastentür die Leuchtkraft der Flamme wieder auf

den anfänglichen Wert, ja darüber hinaus steigen würde. Denn bei der ersten Lichtmessung stand einerseits die Flamme bereits unter dem vermutlich ungünstig wirkenden Einflufs der beginnenden Luftverschlechterung, und andererseits hatte der Lampenzylinder noch nicht die schliefsliche hohe Temperatur, welche für die Höhe der Flammenbildung von wesentlichem Einflufs ist, erreicht. Am Schlufs des Versuchs waren aber jedenfalls der Zylinder und die ganze Lampe in günstiger Weise maximal warm.

Die Resultate dieser Versuchsreihe sind in der unten folgenden Generaltabelle, Gruppe I (Abteilung I—V) enthalten und sollen sogleich, nach einem kurzen Überblick über die Anordnung der anderen Versuchsgruppen erörtert werden.

Eine nächste Reihe von Versuchen (Gruppe II, Abteilung I—III) wurde ebenfalls am Pettenkoferschen Apparate, jedoch mit Tiefstand der Lampe auf dem Boden des Kastens ausgeführt, da Zweifel auftauchten, ob die Luftmischung bei Hochstand der Lampe auf dem Tisch genügend für die Gewinnung richtiger analytischer Resultate (CO_2 und H_2O) sei. Auf das Photometrieren der Flamme mufste bei dem Tiefstand der Lampe verzichtet werden, nach dem Ausfall der Versuche der ersten Gruppe war dasselbe auch entbehrlich geworden.

Die folgenden Gruppen betreffen sämtlich Versuche am Zuntzschen Respirationsapparat. Hierbei wurde durchweg die Wirkung reiner mit unreiner Luft auf den Menschen verglichen. Die Versuchsperson bezog ihre Einatemluft stets, im einen wie im anderen Falle durch einen sehr weiten Gummischlauch aus dem Pettenkoferschen Kasten, welcher im einen Fall unveränderte reine Luft und im anderen verunreinigte Luft enthielt; in den letzteren Versuchen erfolgte die Verschlechterung der Kastenluft wie in den früheren durch Einstellen von einer oder mehreren Petroleumlampen u. s. w. in den Kasten, welcher wie zuvor in der Regel zu etwa 10 cbm pro Stunde gelüftet wurde, damit ein Beharrungszustand erreicht werde.

Gruppe III bilden Vorversuche, aus denen ich entnehmen wollte, ob es wahrscheinlich ist, dafs geringe Beimengungen von

Petroleum-Verbrennungsprodukten zur Einatemluft die Atmungsgröfse entschieden beeinflussen. Der Ausfall der Vorversuche ermutigte zu weiterer Fortsetzung der Versuche auch nach einer anderen Richtung hin.

In Gruppe IV—VI sind Versuche wiedergegeben, welche den Einflufs der Beleuchtungsprodukte auf Atmungsgröfse und Kohlensäurebildung näher erkennen lassen, und zwar behandeln Gruppe IV die Petroleum-Verbrennungsprodukte, Gruppe V die Verbrennungsprodukte des Leuchtgases (Abteilung I Schnittbrenner und II Gasglühlicht) und Gruppe VI endlich die Verbrennungsprodukte von Kerzen.

I.

In den Versuchen der Gruppe I zeigte sich, dafs bei einem Luftvorrat von 10 cbm pro Stunde sich mancherlei Mifsstände ergeben; dafs es sicherlich keine übertriebene Forderung wäre, einen Mindestluftraum von 10 cbm pro Person in Räumen, welche einem dauernden Aufenthalt von Personen dienen sollen, zu verlangen, indem man die weitgehende Annahme macht, für gewöhnlich möge durch die natürliche Lüftung stündlich ein etwa einmaliger Luftwechsel erreicht werden, eine Annahme, die selbst im Winter häufig genug nicht voll zutrifft, wenn auch auf Grund meiner früheren Versuche zuzugeben ist, dafs kleine Wohnräume weit besser als grofse lüften.[1])

Aus der Generaltabelle ist zunächst folgendes ersichtlich:

Abteilung I der Tabelle.

1. Die Versuchsperson Behr. allein lieferte stündlich:

   26,5 g Kohlensäure und 21,5 g Wasser.

2. Die Lampe allein lieferte:

   72,6 g Kohlensäure und 25,9 g Wasser.

bei einem Konsum von 23,0 g Petroleum.

3. Behr. + Lampe lieferten nicht etwa die Summen, nämlich:

   26,5 + 72,6 = 99,1 g Kohlensäure und

   21,5 + 25,9 = 47,4 g Wasser, vielmehr nur:

   82,0 g Kohlensäure und 31,7 g Wasser,

bei einem Konsum der Lampe von nur 18,2 g Petroleum.

1) Dieses Archiv, Bd. 36, S. 220.

4. Zwei Lampen ergaben im Versuch stündlich nur:

118,3 = 2 × 59,2, nicht 2 × 72,6 g Kohlensäure
und 35,9 = 2 × 18,0, nicht 2 × 25,9 g Wasser,
bei einem Konsum von 19,5 g Petroleum pro Lampe.

Abteilung II der Tabelle. Im ersten Fall (Behr. allein) stieg dementsprechend der Kohlensäuregehalt der den Kasten durchströmenden Luft auf 1,99 oder um + 1,39 ‰ und ihr Wassergehalt auf 9,12 oder um + 2,77 mg im Liter; im zweiten Fall (Lampe allein), der Kohlensäuregehalt auf 4,37 oder um + 3,68 ‰ und der Wassergehalt auf 10,0 oder um + 3,10 mg im Liter; im dritten Fall (Behr. + Lampe) der Kohlensäuregehalt auf 4,84 oder um + 4,13 ‰ und der Wassergehalt auf 9,62 oder um + 3,19 mg im Liter; im vierten Fall endlich (zwei Lampen) der Kohlensäuregehalt auf 6,78 oder um + 5,84 ‰ und der Wassergehalt auf 12,22 oder um + 3,55 mg im Liter.

Abteilung III der Tabelle gibt den Temperatur- und Feuchtigkeitsgrad der Kastenluft am Anfang und Schlufs der Versuche. Übrigens wurden Temperatur und Feuchtigkeit öfter, in der Regel stündlich notiert. Zieht man die Temperaturänderung, welche bereits die zuströmende Luft während der vier Versuchsstunden erfuhr, in Berücksichtigung, so ergibt sich, dafs etwa die nachstehenden Erhöhungen von Temperatur und Feuchtigkeit auf Rechnung des Versuchsobjekts treffen:

1. + 1,0° und + 15% rel. Feucht. für Behr. allein
2. + 2,0° » + 10% » » » Lampe allein
3. + 2,5° » + 20% » » » Behr. + Lampe
4. + 4,0° » + 15% » » » zwei Lampen.

Abteilung IV der Tabelle behandelt die Leuchtkraft der Petroleumlampe unter den geschilderten Versuchsbedingungen. Zahlenwerte hierfür sind von Stunde zu Stunde angegeben, daneben auch Mittelwerte berechnet. Hauptsächlich kommen der Mittelwert und Mindestwert in Betracht, sowie diejenige Kerzenzahl, auf welche etwa nach Abschlufs des Versuchs die Leuchtkraft der Flamme sogleich wieder anstieg, selbstverständlich ohne dafs an der Lampe selber und besonders am Docht irgend

etwas geändert wurde. Letztere Zahl kommt dem maximalen Kerzenwert der Lampe in reiner Luft während des Beharrungszustandes für die jeweilige anfängliche Dochthöhe sicherlich näher als das etwa 10 Minuten nach Beginn des Versuchs erhaltene erste und, während der Dauer des Versuchs selbst, höchste Messungsergebnis, bedeutet jedoch kein absolutes Maximum, da am Schlufs des vierstündigen Versuchs der überstehende Docht nicht mehr von tadelloser Beschaffenheit sein konnte.

Je nachdem die Lampe allein oder mit einer Person oder mit einer zweiten Lampe zusammen sich im Kasten befand, betrug ihre Leuchtkraft:

Im Mittel — Mindestwert — nach Schlufs des Versuchs:

1. **4,6** — 3,9 — 6,6 Kerzen für Lampe allein
2. **2,7** — 2.1 — 4,8 » » Lampe neben Versuchsperson
3. **2,3** — 2,0 — 5,1 » » Lampe neben zweiter Lampe.

Wurde die zweite Lampe im Zustrom statt im Kasten untergebracht (Versuch Nr. 10), wobei der Kohlensäuregehalt der zuströmenden Luft etwa 6 ‰ betrug, so war das Ergebnis:

4. **2,8** — 2,2 — 4,3 Kerzen.

Wurde die Zustromluft jedoch mittels reiner Kohlensäure auf ebenfalls 6 ‰ angereichert, so blieb die Wirkung aus, oder vielmehr angenähert die gleiche, wie wenn reine Luft zugeführt wurde (wie unter 1 oben):

5. **5,3** — 3,7 — 7,0 Kerzen.

Die Leuchtkraft der Petroleumlampe wurde also, bei einem stündlichen Luftvorrat von 10 cbm, durch das Brennen der Lampe allein von 6,6 auf 3,9 Kerzen herabgesetzt und, trat die Atemtätigkeit eines Menschen hinzu, von 4,8 auf 2,1 oder im Verhältnis 6,6 : 2,9 Kerzen; im ersteren Fall wies der Abstrom des Kastens 4,4 und im zweiten 4,8 ‰ Kohlensäure auf. Kam statt des Menschen eine zweite Lampe hinzu, so stieg der Kohlensäuregehalt der Abstromluft auf 6,5 ‰ und die Leuchtkraft der Lampe I sank von 4,3 auf 2,2 oder im Verhältnis 6,6 : 3,4 Kerzen. Wurde der Zustrom mittels reiner Kohlensäure auf 6 ‰

gebracht, so dafs etwa 10 ‰ im Abstrom waren, und befand sich Lampe I allein im Kasten, so sank die Leuchtkraft von 7,0 auf 3,7 oder im Verhältnis 6,6 : 3,5 Kerzen.

Daraus geht hervor, dafs die Petroleumlampe nach Mafsgabe der durch Verbrennung und Atmung eingetretenen Luftverschlechterung, deren Gröfse in der Höhe der Kohlensäureansammlung ihren Ausdruck fand, bis um 50 und mehr Prozent schlechter brannte; ferner, dafs nicht die Kohlensäureansammlung als solche in erster Linie das Schlechterbrennen verursachte, dafs hieran vielmehr hauptsächlich die gleichzeitig auftretende Sauerstoffverminderung der Kastenluft oder vielleicht die Ansammlung von Oxydationsprodukten neben CO_2 schuld hatte. Temperatur und Feuchtigkeit der Kastenluft hielten sich nach Ausweis der Tabelle in solchen Grenzen, dafs sie für eine Änderung der Leuchtkraft der Flamme nicht verantwortlich gemacht werden können.

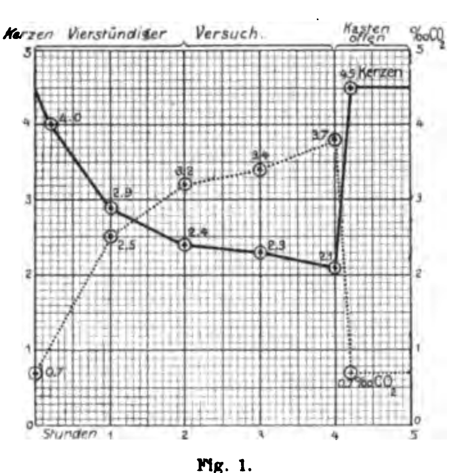


Fig. 1.

Versuch Nr. 6; Behr. + Lampe.
——— = Kerzen Leuchtkraft
······ = Promille Kohlensäure.

Aus Fig. 1 sind die Änderungen der Leuchtkraft der Lampe im Verlauf des Versuchs Nr. 6, während dessen sich die Versuchsperson neben der Lampe im Kasten befand, zu ersehen. Die Kohlensäuregehalte der Kastenluft sind hierbei als Mittel aus Zu- und Abstrom berechnet.

Abteilung V der Tabelle. Die Lampe verbrauchte stündlich, je nachdem sie allein, mit Behr. zusammen, oder nebst der zweiten Lampe im Apparat war, im Mittel:

1. 23,0 g Petroleum, wenn allein im Kasten,
2. 18,2 g » » neben Versuchsperson,
3. 18,0 g » » neben zweiter Lampe.

Auf eine Kerze gerechnet, stellte sich daher der stündliche Verbrauch an Petroleum:

1. **5,1** g Petroleum, wenn Lampe allein im Kasten,
2. **6,7** g » » Lampe neben Versuchsperson,
4. **7,8** g » » Lampe neben zweiter Lampe;

diese Werte sind sämtlich auffallend hoch.

Ferner lieferte 1 g Petroleum Kerzen pro Stunde:

1. 0,200 Kerzen, wenn Lampe allein im Kasten,
2. 0,150 » » Lampe neben Versuchsperson,
3. 0,130 » » Lampe neben zweiter Lampe.

Des weiteren wurden durch 1 g Petroleum Gramme Kohlensäure und Wasser geliefert:

1. **3,20** CO_2 und 1,13 H_2O, wenn Lampe allein im Kasten,
2. **2,96** » » 0,90 » » Lampe neben zweiter Lampe;

die Kohlensäurewerte gehen gut überein mit den Cramer schen. [1])

Auf eine Kerze trafen somit stündlich Gramme Kohlensäure und Wasser:

1. 16,5 CO_2 und 5,8 H_2O, wenn Lampe allein im Kasten,
2. 23,1 » » 7,0 » » Lampe neben zweiter Lampe.

II.

In den Versuchen der Gruppe II wurden die Lampen auf den Fufsboden gestellt, um zu ersehen, ob vielleicht dann infolge einer besseren Luftmischung ein anderes analytisches Resultat hinsichtlich der CO_2- und H_2O-Entwicklung sich ergeben würde. Letzteres war jedoch, wie die Generaltabelle erkennen läfst, kaum der Fall.

Zwar lieferte die tiefstehende Lampe, da die Luft unten im Kasten reiner ist als oben, mehr Kohlensäure und auch mehr Wasser als die hochstehende, nämlich pro Stunde und Lampe an Kohlensäure im Mittel:

Gruppe II gegen Gruppe I,

1. 76,5 gegen 72,6 g CO_2, wenn Lampe allein im Kasten
2. 72,1 » 59,2 g » » Lampe neben zweiter Lampe,
3. 61,5 » — g » » Lampe neben zwei Lampen,

und ähnlich an Wasser im Mittel:

1) Dieses Archiv, 1890, a. a. O.

Gruppe II gegen Gruppe I:

1. 30,8 gegen 25,9 g H_2O, wenn Lampe allein im Kasten,
2. 28,0 » 18,0 » » » Lampe neben zweiter Lampe,
3. 25,4 » — » » » Lampe neben zwei Lampen.

Aber berücksichtigt man den höheren Petroleumkonsum der tiefstehenden Lampe, nämlich:

Gruppe II gegen Gruppe I:

1. 24,5 gegen 23,0 g Petroleum, wenn Lampe allein im Kasten
2. 23,8 » 19,5 » » » Lampe neben zweiter Lampe
3. 20,0 » — » » » Lampe neben zwei Lampen,

so unterscheiden sich die von 1 g Petroleum gelieferten Kohlensäure- und Wassermengen doch nicht sehr erheblich, denn es betrug dann stündlich die Kohlensäurebildung der tiefstehenden gegen die hochstehende Lampe:

Gruppe II gegen Gruppe I:

1. 3,12 gegen 3,20 g CO_2, wenn Lampe allein im Kasten,
2. 3,03 » 2,96 » » » Lampe neben zweiter Lampe,
3. 3,08 » — » » » Lampe neben zwei Lampen

und die Wasserbildung der tiefstehenden Lampe:

Gruppe II gegen Gruppe I:

1. 1,26 gegen 1,13 g H_2O, wenn Lampe allein im Kasten,
2. 1,18 » 0,90 » » » Lampe neben zweiter Lampe,
3. 1,26 » — » » » Lampe neben zwei Lampen.

Darüber, ob die Atmung der Versuchsperson durch die Petroleum-Verbrennungsprodukte beeinflufst wurde, gestatten die vorstehenden Versuchsreihen keinen einwandfreien Schlufs. Es liefse sich allerdings unter gewissen Annahmen herausrechnen, dafs die Kohlensäurebildung der Person bei höchstgradiger Luftverunreinigung (3 Lampen, über 11 ‰ Kohlensäure im Abstrom) allem Anschein nach gesteigert sein mochte, dagegen bei geringerer Luftverschlechterung (1—2 Lampen, 4,8—7,7 ‰ Kohlensäure im Abstrom) eher herabgesetzt als gesteigert, aber wie gesagt, diese Rechnung wäre unsicher. Die Frage ist aber an der Hand der folgenden Versuchsreihen, die sämtlich am Zuntzschen Respirationsapparat vorgenommen wurden, mit Sicherheit

zu entscheiden. Der Zuntzsche Apparat war hierbei, in der oben (S. 5) angegebenen Weise, mit dem Pettenkoferschen Respirationsraum in Verbindung gesetzt.

III.

Durch die Versuche von Gruppe III suchte ich festzustellen, ob die Atmungsgröfse verändert wird, wenn man eine durch Beleuchtungsprodukte von Petroleumlampen verunreinigte Luft einatmet. Ich ging dabei von dem Gedanken aus, dafs sich die weitere Fortsetzung der Versuche mittels des Zuntzschen Apparats voraussichtlich nur dann lohnen würde, wenn dies der Fall sei.

Die Versuche, zum Beispiel der erste Nr. 21, I—VI, währten je eine halbe Stunde. Im Versuch Nr. 21 wurde zunächst (I und II) zweimal je eine halbe Stunde reine Luft eingeatmet, sodann (III und IV) zweimal je eine halbe Stunde Luft, die durch Brennen von Petroleumlampen verunreinigt war, und schliefslich wieder (V und VI) zweimal je eine halbe Stunde reine Luft. Vergleichshalber sind sämtliche Atmungsgröfsen auf Stundenwerte gerechnet.

Der Ausfall dieser Versuche ist durchweg eindeutig:

Durch das Einatmen der von Petroleum-Verbrennungsprodukten verunreinigten Luft, welche 7,5—10,0 ‰ Kohlensäure enthielt, trat eine wesentliche Verminderung der Atmungsgröfse ein. Die Atmungsgröfse verminderte sich dagegen nicht, ergab sich eher gröfser als kleiner, wenn die Kohlensäure-Anreicherung der Inspirationsluft mittels chemisch reiner Kohlensäure ohne Beimengungen erfolgte.

Im Mittel der Versuche wurden als stündliche Athmungsgröfsen bei Einatmen der reinen, beziehungsweise durch Lampenlicht verunreinigten Luft erhalten:

1. 689 l bei reiner Luft,
2. 546 l bei durch Lampen verunreinigter Luft,

während durch Zumischung von reiner CO_2 im Versuch Nr. 24, I—III die Atmungsgröfse von 570 auf etwa 580 stieg, also keine beachtenswerte Änderung erfuhr.

Die in der Tabelle angegebenen Temperatur- und Feuchtigkeitsgrade sind für die Kastenluft gemessen, deren allenfalls in den Versuchen mit unreiner Luft gegebene höhere Temperatur jedoch auf dem Wege durch die mehrere Meter lange Röhrenleitung zu den Ventilen und von den Ventilen zum Munde der Versuchsperson gröſstenteils wieder abgeglichen worden sein dürfte.

IV.

In den Versuchen der Gruppe IV gesellte sich zu der Messung der Atmungsgröſse die Bestimmung der von der Versuchsperson gebildeten Kohlensäure.

Im Gesamtmittel gingen die Atmungsgröſsen in reiner und durch Petroleumlicht verunreinigter Luft weniger weit auseinander als in den vorhergegangenen Versuchen. Der Unterschied war hier nur 628 : 576. Immerhin war somit auch hier ein beträchtlicher Unterschied gegeben. Die Kohlensäurebildung sank im Gesamtmittel gleichfalls ganz beträchtlich, nämlich von 12,05 auf 11,13 Stundenliter.

Übrigens zeigte sich hierbei, daſs verschiedene Luftverschlechterungsgrade die Atmung nicht gleichmäſsig beeinflussen, so daſs in den obigen Gesamtmitteln die bestehenden Unterschiede teilweise wieder abgeglichen werden.

Eine mäſsige Luftverunreinigung ist im stande, die Atmung stärker herabzusetzen, als dies eine weitergehende Luftverschlechterung vermag:

Bei 7,5—11,5 ‰ Kohlensäure in der Inspirationsluft durch Anreicherung aus Petroleum-Verbrennungsprodukten sanken Atmungsgröſse und Kohlensäurebildung:

1. Atmungsgröſse von 621 auf 608 l pro Stunde,
2. CO_2-Bildung von 11,79 » 11,22 l » » ;

beide Gröſsen fielen jedoch weit stärker ab, wenn sich nur 3,5 bis 5,5 ‰ Kohlensäure in der Einatemluft befanden:

1. Atmungsgröſse von 637 auf 538 l pro Stunde
2. CO_2-Bildung » 12,38 » 11,03 » » »

Wurde die gleiche Kohlensäureanreicherung der Inspirationsluft durch reine CO_2 bewirkt (Versuch Nr. 30, IV und 37, I u. II),

so hielt sich die Atmungsgröfse unverändert und die Kohlensäurebildung zeigte sich zweifellos nicht herabgesetzt, eher um ein Geringes gesteigert.

V.

Gruppe V bringt Versuche über die Luftverschlechterung durch die Verbrennungsprodukte des Leuchtgases, sowohl bei Anwendung von Schnittbrennern (Abteilung I) wie von Gasglühlicht (Abteilung II).

Die Atmungsgröfse der Versuchsperson war hier in reiner und unreiner Luft kaum verschieden, die Kohlensäurebildung jedoch in unreiner Luft durchweg erheblich herabgesetzt.

Die stündliche Atmungsgröfse in unreiner Luft gegen reine betrug im Mittel, bei Luftverunreinigung durch den Schnittbrenner, vielleicht sogar mehr, nämlich:

1. 678 gegen 618 bei etwa 9—10 ‰ CO_2 der Einatemluft
2. 588 » 578 » » 3—5 » » » »
3. 620 » 589 » » 3—10 » » » »

und für Gasglühlicht vielleicht im Gegenteil etwas weniger, nämlich:

455 gegen 481 bei etwa 3—4 ‰ CO_2 der Einatemluft,

so dafs ein Unterschied hinsichtlich der Atmungsgröfse sich überhaupt nicht geltend macht, wenn man aus beiden Leuchtgas-Versuchsreihen das Mittel zieht, nämlich:

533 gegen 535, in unreiner Luft gegen reine Luft.

Aber die Kohlensäurebildung war, wie gesagt, beträchtlich vermindert. Sie betrug im Mittel entsprechend für die Schnittbrennerversuche:

1. 9,82 gegen 13,87 bei etwa 8—10 ‰ CO_2 der Einatemluft
2. 11,62 » 12,82 » » 3—5 » » » »
3. 11,10 » 13,05 » » 3—10 » » » »

und ähnlich für die Versuche mit Gasglühlicht im Mittel:

11,99 gegen 12,95 bei etwa 3—4 ‰ CO_2 der Einatemluft,

im Gesamtmittel beider Leuchtgasreihen aber:

11,55 gegen 13,00, in unreiner Luft gegen reine Luft.

Bei etwa 4‰ Kohlensäure in der Einatemluft war die Kohlensäureabgabe der Versuchsperson somit, einerlei ob das Leuchtgas auf Schnittbrenner oder Bunsenbrenner (Glühstrumpf) brannte, für je 1‰ sich anhäufender Kohlensäure um etwa 3% der normalen Abgabe herabgesetzt.[1])

VI.

Auch in den Versuchen der Gruppe VI endlich, welche mit Verbrennungsprodukten aus Stearinkerzen vorgenommen wurden, zeigte sich wieder die Kohlensäurebildung beträchtlich herabgesetzt. Auch für die Atmungsgröfse ergab sich eine deutliche Verminderung. Die Kohlensäurebildung sank im Mittel von 13,2 auf 12,1 durch die Einatmung der verunreinigten Luft mit 4,0—4,5‰ Kohlensäure, und die Atmungsgröfse sank von 460 auf 415 l stündlich.

Diese Unterschiede treten ganz deutlich beim Übergang von reiner zu unreiner Luft und dann wieder bei Rückkehr in reine Luft auf, wie zum Beispiel Versuch Nr. 46, I—IV dartut, jedoch scheint bei dem Übergang in reine Luft die vorausgegangene Einatmung der unreinen Luft noch nachzuwirken.

Die Atmungsgröfse betrug in Versuch Nr. 46 zunächst:

I.	533	in reiner	Luft	von	0,5‰	Kohlensäure,	alsdann:
II.	416	» unreiner	»	»	4,5 »	»	hierauf:
III.	401	»	»	»	4,0 »	»	schliefslich:
IV.	424	» reiner	»	»	0,5 »	»	

und gleichzeitig die Kohlensäurebildung zunächst:

I.	13,60	in reiner	Luft	von	0,5‰	Kohlensäure,	alsdann:
II.	12,06	» unreiner	»	»	4,5 »	»	hierauf:
III.	12,02	»	»	»	4,0 »	»	schliefslich:
IV.	12,93	» reiner	»	»	0,5 »	»	.

In einer Anzahl der aufgeführten Versuche wurden neben den Kohlensäurebestimmungen auch Sauerstoffmessungen der in- und

1) Wenn man die entsprechenden Versuche mit Petroleum (Gruppe IV) und Kerzen (Gruppe VI) auf Prozente rechnet, so ergibt sich angenähert das gleiche Resultat wie beim Leuchtgas (Herabsetzung der Abgabe um etwa 3% für je 1‰ CO_2).

exspirierten Luft vorgenommen, die dazu dienen sollten, die Ermittelung des respiratorischen Quotienten zu ermöglichen. Die Versuche wurden nicht durchweg nach dieser Richtung durchgeführt, da sich ergab, dafs der Sauerstoffverbrauch der Versuchsperson angenähert mit ihrer Kohlensäurebildung Schritt hielt.

In Versuch Nr. 34 zum Beispiel (Petroleum) betrug die Kohlensäurebildung der Versuchsperson in unreiner gegen reine Luft:

$$10{,}29 \text{ gegen } 11{,}62$$

und der respiratorische Quotient:

$$0{,}78 \text{ gegen } 0{,}80$$

und ähnlich in Nr. 35 (ebenfalls Petroleum) die Kohlensäurebildung:

$$\frac{11{,}95 + 12{,}05}{2} \text{ gegen } 14{,}11$$

und der respiratorische Quotient:

$$\frac{0{,}77 + 0{,}84}{2} \text{ gegen } 0{,}84.$$

In Versuch Nr. 39 (Schnittbrenner) stellte sich die Kohlensäurebildung der Versuchsperson in unreiner gegen reine Luft:

$$\frac{9{,}32 + 11{,}63}{2} \text{ gegen } 13{,}75$$

und der respiratorische Quotient:

$$\frac{0{,}84 + 0{,}80}{2} \text{ gegen } 0{,}87,$$

ferner in Versuch Nr. 43 (Gasglühlicht) die Kohlensäurebildung:

$$\frac{12{,}48 + 12{,}09}{2} \text{ gegen } \frac{13{,}00 + 12{,}38}{2}$$

und der respiratorische Quotient:

$$\frac{0{,}86 + 0{,}84}{2} \text{ gegen } \frac{0{,}80 + 0{,}76}{2} \text{ u. s. w.}$$

Die vorliegenden Versuche haben somit im wesentlichen zu folgendem Resultat geführt:

1. In kleinen Wohnräumen kommt es infolge der Luftverschlechterung durch Lampe und Menschen unschwer dahin, dafs eine (Petroleum-)Lampe allmählich bis um fünfzig und mehr Prozent von ihrer Lichtmenge einbüfst.

2. Die Ansammlung von Beleuchtungsprodukten in Wohnräumen hat in der Regel zur Folge, dafs auch die Atmung und insbesondere die Kohlensäureabgabe des Menschen herabgesetzt wird.

Generaltabelle.

Gruppe I. Versuche am Pettenkoferschen Respirationsapparat in Verbindung mit Lichtmessungen. (Lampe steht auf Tisch.)

Abteilung I.

Nr.	Datum 1902	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Std.:	Luft pro Stunde		CO_2/Std. gebildet		H_2O/Std. gebildet		1 Lampe verbrauchte an Petroleum stündlich:	
			cbm		g		g		g	
4	14. Mai	Behr. allein	$\frac{36,6}{4} = 9,2$	9,6	25,6	26,5	22,4	21,5	—	
7	17. »	» »	$\frac{39,5}{4} = 9,9$		27,4		20,5		—	
1	9. Mai	1 Lampe allein	$\frac{37,5}{4} = 9,4$	9,9	57,4	72,6	27,4	25,9	$\frac{100}{4} = 25,0$	23,0
2	12. »	» » »	$\frac{41,7}{4} = 10,4$		71,7		25,0		$\frac{95}{4} = 23,8$	
3	13. »	» » »	$\frac{38,6}{4} = 9,7$		73,9		24,3		$\frac{83}{4} = 20,8$	
8	22. »	» » »	$\frac{40,0}{4} = 10,0$		87,4		27,0		$\frac{89}{4} = 22,3$	
9[1])	23. Mai	1 Lampe allein	$\frac{38,8}{4} = 9,7$		—		—		$\frac{96}{4} = 24,0$	
10[2])	26. »	» » »	$\frac{40,4}{4} = 10,1$		—		—		$\frac{78}{4} = 19,5$	
11	27. Mai	2 Lampen	$\frac{40,5}{4} = 10,1$		$59,2 \times 2 = 118,3$		$18,0 \times 2 = 35,9$		$\frac{78}{4} = 19,5$	
5	15. Mai	B. u. 1 Lampe	$\frac{40,4}{4} = 10,1$	9,9	86,1	82,0	33,8	31,7	$\frac{74}{4} = 18,5$	18,2
6	16. »	» » » »	$\frac{38,9}{4} = 9,7$		77,8		29,5		$\frac{71}{4} = 17,8$	

1) Während des Versuchs Nr. 9 wurde komprimierte CO_2 in den Zustrom eingeleitet.

2) Während des Versuchs Nr. 10 befand sich eine zweite Lampe im Zustrom.

Abteilung II.

Nr.	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Std.:	CO_2 ccm im Liter (‰) Zustrom	Abstrom	Differenz	H_2O mg im Liter Zustrom	Abstrom	Differenz
		‰	‰	‰	mg	mg	mg
4	Behr. allein	0,57 } 0,60	1,97 } 1,99	+ 1,40 } + 1,39	6,55 } 6,35	9,00 } 9,12	+ 2,45 } + 2,77
7	» »	0,62	2,01	+ 1,39	7,15	9,23	+ 2,08
1	1 Lampe allein	0,64 } 0,69	3,70 } 4,37	+ 3,06 } + 3,68	6,27 } 6,9	9,19 } 10,0	+ 2,92 } + 3,10
2	» » »	0,60	4,04	+ 3,44	6,80	9,20	+ 2,40
3	» » »	0,87	4,70	+ 3,83	7,08	9,60	+ 2,52
8	» » »	0,66	5,03	+ 4,37	7,50	12,20	+ 2,70
9	1 Lampe allein	6,03	—	—	—	—	—
10	» » »	6,05	—	—	—	—	—
11	2 Lampen	0,94	6,78	+ 5,84	8,67	12,22	+ 3,55
5	B. u. 1 Lampe	0,75 } 0,71	5,01 } 4,84	+ 4,26 } + 4,13	6,55 } 6,43	9,90 } 9,62	+ 3,35 } + 3,19
6	» » » »	0,66	4,66	+ 4,00	6,30	9,33	+ 3,03

Abteilung III.

Nr.	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Std.:	Thermometer im Zustrom Anf.	Ende	im Abstrom Anf.	Ende	im Kasten Anf.	Ende	Hygrometer im Kasten Anf.	Ende
		Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	%	%
4	Behr. allein	13,9	14,9	13,6	15,4	13,1	15,4	54	71
7	» »	13,2	13,6	13,0	14,2	12,4	14,2	59	74
1	1 Lampe allein	13,2	15,6	13,2	18,8	13,0	—	—	—
2	» » »	17,8	18,0	23,0	22,0	17,5	—	—	49
3	» » »	14,4	15,4	15,6	17,6	14,4	16,9	54	64
8	» » »	14,0	14,1	14,0	16,1	13,8	15,1	64	73
9	1 Lampe allein	13,8	14,9	13,3	17,2	13,0	16,2	63	73
10	» » »	14,8	16,0	14,6	17,9	14,3	16,8	62	76
11	2 Lampen	15,0	16,0	15,0	20,0	14,8	21,0	64	79
5	B. u. 1 Lampe	13,6	14,8	13,2	17,4	12,8	17,4	54	77
6	» » » »	13,8	14,1	13,8	16,2	13,8	16,2	56	76

Abteilung IV.

Nr.	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Std.:	Leuchtkraft der Petroleumlampe						
		nach 10 Min.	nach 1 St.	nach 2 St.	nach 3 St.	nach 4 St.	Versuchsmittel	nach 4 St. 10'
		Kerzen	Kerzen	Kerzen	Kerzen	Kerzen	Kerzen	Kerzen
1	1 Lampe allein	9,0	7,6	6,0	5,0	4,3	6,0 } 4,6	—
2	» » »	6,5	5,1	4,1	4,2	4,8	4,6	—
3	» » »	4,4	3,9	3,9	3,4	3,3	3,7	4,8
8	» » »	5,2	4,7	3,8	3,9	4,0	4,2	5,7
9	1 Lampe allein	6,8	5,1	4,7	3,7	3,7	5,3	7,0
10	» » »	4,3	3,2	2,5	2,2	2,2	2,8	4,3
11	2 Lampen	4,0	2,2	2,1	2,1	2,0	2,3	5,1
5	B. u. 1 Lampe	4,7	3,2	2,1	2,6	2,6	2,8 } 2,7	5,6
6	» » » »	4,0	2,9	2,4	2,3	2,1	2,7	4,0

Bemerkung. In Versuch Nr. 9 wurde, wie bereits erwähnt, komprimierte Kohlensäure aus einem Stahlzylinder in den Zustrom eingeleitet, und in Versuch Nr. 10 eine zweite Lampe in den Zustrom gestellt. In Versuch Nr. 11 wurde nur die eine Lampe (I), welche wie in den anderen Versuchen dieser Gruppe auf einem Tisch im Kasten stand, photometriert; die zweite Lampe (II) wurde auf den Fufsboden des Kastens gestellt; I verbrauchte $\frac{72}{4} = 18$, II dagegen $\frac{84}{4} = 22$ g Petroleum stündlich.

Zwischen Versuch Nr. 7 und 8 wurde ein Versuch eingeschaltet, wobei die Lampe 4 Stunden im offenen Kasten brennen gelassen wurde. Es ergab sich ein Petroleumverbrauch von $90:4 = 22{,}5$ g stündlich, und die Leuchtkraft betrug die ganze Zeit hindurch konstant 5,1 Kerzen; eine Kerze Helligkeit beanspruchte also einen Petroleumverbrauch von $22{,}5 : 5{,}1 = 4{,}4$ g stündlich. Im folgenden Versuch Nr. 8 wurde der überstehende Docht möglichst ebenso hoch eingestellt (nicht maximal).

Abteilung V.

Nr.	Stündl. verbrauchte 1 Lampe an Petr.		1 Kerze an Petr.		Stündlich lieferte 1 g Petroleum an Helligkeit		an CO_2		an H_2O		1 Kerze an CO_2		an H_2O	
	g		g		Kerzen		g		g		g		g	
1	25,0	23,0	4,2	5,1	0,238	0,200	2,30	3,20	1,10	1,18	9,7	16,5	4,6	5,8
2	23,8		5,2		0,192		3,01		1,05		15,7		5,5	
3	20,8		5,6		0,179		3,55		1,17		19,8		6,5	
8	22,3		5,3		0,189		3,92		1,21		20,7		6,4	
9	24,0		4,5		0,222		—		—		—		—	
10	19,5		7,0		0,143		—		—		—		—	
11	18,0		7,8		0,128		2,96		0,90		23,1		7,0	
5	18,5	18,2	6,6	6,7	0,152	0,150	—		—		—		—	
6	17,8		6,8		0,147		—		—		—		—	

Gruppe II. Versuche am Pettenkoferschen Respirationsapparat ohne Lichtmessungen. (Lampe steht auf Fufsboden.) Abteilung I.

Nr.	Datum 1902	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Stunden:	Luft pro Stunde	CO_2/Stunde gebildet		H_2O/Std. gebildet		1 Lampe verbrauchte an Petroleum ständl.	
			cbm	g		g		g	
12	28. Mai	1 Lampe	43,2 : 4 = 10,8	76,5		30,8		$\frac{98}{4} = 24,5$	
13	29. »	2 Lampen	40,4 : 4 = 10,1	72,1 × 2 = 144,2		28,0 × 2 = 56,1		$\frac{95}{4} = 23,8$	
16	3. Juni	3 »	39,1 : 4 = 9,8	61,5 × 3 = 184,6		25,4 × 3 = 76,2		$\frac{80}{4} = 20,0$	
14	30. Mai	1 Lampe u. Behr.	40,1 : 4 = 10,0	86,6	89,0	42,6	51,6	$\frac{79}{4} = 19,8$	20,1
19	6. Juni	» » » » (nackt)	41,0 : 4 = 10,3	91,4		60,5		$\frac{81}{4} = 20,3$	
15	2. »	2 Lamp. u. Behr.	42,7 : 4 = 10,7	156,7	156,8	93,9	93,3	$\frac{84}{4} = 21,0$	21,3
18	5. »	» » » » (nackt)	43,1 : 4 = 10,8	156,9		92,7		$\frac{82}{4} = 21,5$	
17	4. »	3 Lamp. u. Behr. (nackt)	38,8 : 4 = 9,7	208,6		106,7		$\frac{72}{4} = 18,0$	

1 g Petroleum lieferte also Kohlensäure und Wasser:

$\frac{76,5}{24,5} = 3,12$ g CO_2 und $\frac{3,08}{24,5} = 1,26$ g H_2O in Nr. 12 (1 Lampe);

$\frac{72,1}{23,8} = 3,03$ » » » $\frac{28,0}{23,8} = 1,18$ » » » » 13 (2 Lampen);

$\frac{61,5}{20,0} = 3,08$ » » » $\frac{25,3}{20,0} = 1,26$ » » » » 16 (3 »).

Abteilung II.

Nr.	Art d. Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Stunden:	CO_2 ccm im Liter (‰)			H_2O mg im Liter		
		Zustrom	Abstrom	Differenz	Zustrom	Abstrom	Differenz
		‰	‰	‰	mg	mg	mg
12	1 Lampe	0,62	4,16	+ 3,54	8,85	11,70	+ 2,85
13	2 Lampen	0,54	7,68	+ 7,14	9,35	14,90	+ 5,55
16	3 Lampen	0,43	9,87	+ 9,44	12,00	19,80	+ 7,80
14	1 Lampe u. Behr.	0,45 } 0,40	4,77 } 4,79	+ 4,32 } + 4,39	10,40 } 9,10	14,65 } 14,18	+ 4,25 } + 5,08
19	1 Lampe u. Behr. (nackt)	0,34	4,80	+ 4,46	7,80	13,70	+ 5,90
15	2 Lampen u. Behr.	0,42 } 0,43	7,76 } 7,74	+ 7,34 } + 7,31	12,05 } 11,88	20,85 } 20,58	+ 8,80 } + 8,70
18	2 Lampen u. Behr. (nackt)	0,44	7,72	+ 7,28	11,70	20,30	+ 8,60
17	3 Lampen u. Behr. (nackt)	0,54	11,29	+ 10,75	10,00	21,00	+ 11,00

Abteilung III.

Nr.	Art des Versuchs. Im Kasten befinden sich 4 Stunden:	Thermometer im Zustrom		Thermometer im Abstrom		Thermometer im Kasten		Hygrometer im Kasten	
		Anf.	Ende	Anf.	Ende	Anf.	Ende	Anf.	Ende
		Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	Cels.	%	%
12	1 Lampe	15,9	17,9	15,9	21,8	15,6	21,8	66	69
13	2 Lampen	18,0	20,8	18,0	27,0	17,6	28,5	64	61 !
16	3 »	24,5	26,5	24,5	34,0	24,2	35,5	54	53 !
14	1 Lampe u. Behr.	19,3	20,8	19,0	25,0	19,3	25,8	63	67
19	» » » » (nackt)	23,2	24,3	23,1	28,0	23,1	28,1	37	54
15	2 Lamp. u Behr.	24,1	26,0	24,1	31,9	24,1	32,7	57	66
18	» » » » (nackt)	25,5	27,0	25,5	32,0	25,5	32,8	51	65
17	3 Lamp. u. Behr. (nackt)	24,5	26,4	24,5	34,0	24,3	35,6	46	64

Bemerkung. Von Versuch Nr. 17 ab wurde der Versuchsperson auf Wunsch gestattet, die Kleider abzulegen.

Gruppe III. Versuche am Zuntzschen Respirationsapparat über die Beeinflussung der Atmungsgröfse durch Verunreinigung der Einatemluft mit Petroleum-Verbrennungsprodukten.

Vorversuche.

Nr.	Datum 1902	a) Reine Einatemluft: Atemgröfse		CO$_2$	Temp.	Feuchtigk.	b) Unreine Einatemluft: Atemgröfse		CO$_2$	Temp.	Feuchtigk.
		l/St.	Mittel	‰	Cels.	%	l/St.	Mittel	‰	Cels.	%
21 I	12. Juni	I 795	800	0,5	18,0	45	—		—	—	—
21 II	»	II 804		0,5	18,0	45	—		—	—	—
21 III	»	—		—	—	—	III 546	554	7,5	24,5	50
21 IV	»	—		—	—	—	IV 561		7,5	25,5	48
21 V	»	V 657	652	0,5	21,0	41	—		—	—	—
21 VI	»	VI 648		0,5	20,5	43	—		—	—	—
		Mittel 726									
22 I	13. Juni	—		—	—	—	I 543	537	7,5	26,0	54
22 II	»	—		—	—	—	II 531		7,5	26,0	54
22 III	»	III 672	671	0,5	21,0	48	—		—	—	—
22 IV	»	IV 669		0,5	21,0	48	—		—	—	—
22 V	»	—		—	—	—	V 549		7,5	25,0	56
22 VI	»	VI 666		0,5	23,0	45	—		—	—	—
		Mittel 669									
25 I	17. Juni	—		—	—	—	I 543		10,0	19,0	53
25 II	»	II 597		0,5	18,5	50	—		—	—	—
		Gesamtmittel 689					Gesamtmittel 546				
24 I	16. Juni	I 570	570	0,5	18,0	55	—		—	—	—
24 II*	»	—		—	—	—	II 582 *		10,0*	18,0	55
24 III	»	II 570		0,5	18,5	53	—		—	—	—

Bemerkung. In Versuch Nr. 24 II* erfolgte die CO_2-Anreicherung der Einatemluft mittels reiner komprimierter CO_2, im übrigen mittels Petroleumlampen.

Gruppe IV. Versuche am Zuntzschen Respirationsapparat über die Beeinflussung der Atmungsgröfse und der Kohlensäurebildung durch Verunreinigung der Einatemluft mit Petroleum-Verbrennungsprodukten.

Nr.	Datum 1902	a) Reine Einatemluft			b) Unreine Einatemluft		
		Atemgröfse	CO_2-Bildung	CO_2	Atemgröfse	CO_2-Bildung	CO_2
		l/St.	l/St.	‰	l/St.	l/St.	‰
29 I	26. Juni	I 627 } 611	I 11,60 } 11,60	0,5	—	—	—
29 II	»	II 595	II 11,60	0,5	—	—	—
29 III	»	—	—	—	III 727	III 10,54	11,5
30 I	27. Juni	I 683	I 10,92	0,5	—	—	—
30 II	»	—	—	—	II 635 } 600	II —	9,5
30 III	»	—	—	—	III 564	III 10,43	?
30 IV*	»	—	—	—	IV (681*)	IV (10,90*)	(10,5*)
32 I	1. Juli	—	—	—	I 627 } 619	I 10,97 } 10,83	7,5
32 II	»	—	—	—	II 610	II 10,68	7,5
26 I	19. Juni	I 573	I 12,32	0,5	—	—	—
26 II	»	—	—	—	II 533	II 10,66	7,5
27 I	20. Juni	I 626	I 12,52	0,5	—	—	—
27 II	»	—	—	—	II 562	II 14,04	7,5
		Mittel 621	Mittel 11,79		Mittel 608	Mittel 11,22	
33 I	2. Juli	I 681	I 11,58	0,5	—	—	—
33 II	»	—	—	—	II 586	II 9,40	4,5
34 I	3. Juli	—	—	—	I 515	I 10,29	4,5
34 II	»	II 628	II 11,62	0,5	—	—	—
35 I	4. Juli	—	—	—	I 556 } 552	I 11,95 } 12,00	5,5
35 II	»	II 672	II 14,11	0,5	—	—	—
35 III	»	—	—	—	III 548	III 12,05	4,0
36 I	7. Juli	—	—	—	I 514 } 512	I 12,83 } 10,26	3,5
36 II	»	II 566	II 12,19	0,5	—	—	—
36 III	»	—	—	—	III 509	III 10,18	3,5
		Mittel 637	Mittel 12,38		Mittel 538	Mittel 11,03	
		Gesamtmittel 628	Gesamtmittel 12,05		Gesamtmittel 576	Gesamtmittel 11,13	
37 I*	8. Juli	—	—	—	I 723* } 745	I 13,01* } 13,02	8,5*
37 II*	»	—	—	—	II 766*	II 13,02*	5,5*
37 III	»	III 744	III 12,29	0,5	—	—	—

Bemerkung. In den Versuchen Nr. 30 IV* und 37 I* und II* erfolgte die CO_2-Anreicherung der Einatemluft mittels reiner komprimierter CO_2, im übrigen mittels Petroleumlampen.

Gruppe V. Versuche am Zuntzschen Respirationsapparat über die Beeinflussung der Atmungsgröfse und der Kohlensäurebildung durch Verunreinigung der Einatemluft mit Leuchtgas-Verbrennungsprodukten.

Abteilung I, Schnittbrenner.

Nr.	Datum 1902	a) Reine Einatemluft					b) Unreine Einatemluft				
		Atemgröfse		CO_2-Bildung		CO_2	Atemgröfse		CO_2-Bildung		CO_2
		l/St.		l/St.		‰	l/St.		l/St.		‰
38 I	9. Juli	I 650		I 13,98		0,5	—		—		—
38 II	»	—	618	—	13,87	—	II 665	678	II 10,31	9,82	10,5
39 I	10. Juli	—		—		—	I 690		I 9,32		8,5
39 II	»	II 585		II 13,75		0,5	—		—		—
39 III	»	—		—		—	III 612		III 11,63		5,0
41 I	14. Juli	I 575		I 12,35		0,5	—		—		—
41 II	»	—	607	—	12,09	—	II 591	590	II 11,52	11,05	5,0
41 III	»	—		—		—	III 588		III 10,58		4,5
41 IV	»	IV 639		IV 11,82		0,5	—		—		—
40 I	11. Juli	I 513		I 13,34		0,5	—		—		—
40 II	»	—		—		—	II 549	575	II 12,35	12,18	4,5
40 III	»	—		—		—	III 600		III 12,00		3,5
		Gesamtmittel **589**		Gesamtmittel **13,05**			Gesamtmittel **620**		Gesamtmittel **11,10**		

Abteilung II, Gasglühlicht.

Nr.	Datum 1902	a) Reine Einatemluft					b) Unreine Einatemluft				
		Atemgröfse		CO_2-Bildung		CO_2	Atemgröfse		CO_2-Bildung		CO_2
		l/St.		l/St.		‰	l/St.		l/St.		‰
42 I	15. Juli	I 539		I 11,85		0,5	—		—		—
42 II	»	—	541	—	11,49	—	II 502	517	II 10,30	10,85	3,5
42 III	»	—		—		—	III 532		III 11,45		3,5
42 IV	»	IV 543		IV 11,13		0,5	—		—		—
43 I	16. Juli	I 490		I 13,00		0,5	—		—		—
43 II	»	—	459	—	12,69	—	II 423	444	II 12,48	12,29	4,0
43 III	»	—		—		—	III 465		III 12,09		3,5
43 IV	»	IV 427		IV 12,38		0,5	—		—		—
44 I	17. Juli	I 483		I 14,73		0,5	—		—		—
44 II	»	—	444	—	14,66	—	II 422	405	II 13,07	12,83	4,0
44 III	»	—		—		—	III 387		III 12,58		4,0
44 IV	»	IV 405		IV 14,58		0,5	—		—		—
		Gesamtmittel **481**		Gesamtmittel **12,95**			Gesamtmittel **455**		Gesamtmittel **11,99**		

Gruppe VI. Versuche am Zuntzschen Respirationsapparat über die Beeinflussung der Atmungsgröſse und der Kohlensäurebildung durch Verunreinigung der Einatemluft mit Stearinkerzen-Verbrennungsprodukten.

Nr.	Datum 1902	a) Reine Einatemluft			b) Unreine Einatemluft		
		Atemgröſse	CO_2-Bildung	CO_2	Atemgröſse	CO_2-Bildung	CO_2
		l/St.	l/St.	‰	l/St.	l/St.	‰
46 I	19. Juli	I 533 } 479	I 13,60 } 13,27	0,5	—	—	—
46 II	»	—	—	—	II 416 } 408	II 12,06 } 12,04	4,5
46 III	»	—	—	—	III 401	III 12,02	4,0
46 IV	»	IV 424	IV 12,93	0,5	—	—	—
47 I	21. Juli	I 425 } 440	I 13,59 } 13,16	0,5	—	—	—
47 II	»	—	—	—	II 426 } 424	II 12,14 } 12,17	4,5
47 III	»	—	—	—	III 421	III 12,20	4,5
47 IV	»	IV 455	IV 12,73	0,5	—	—	—
		Gesamtmittel 459	Gesamtmittel 13,21		Gesamtmittel 416	Gesamtmittel 12,11	

Wird die Kohlensäureabgabe des Menschen durch Beimengung von Ausatmungsluft zur Einatemluft beeinflufst?

Von

Privatdozent Dr. **Heinrich Wolpert.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Zur Beantwortung der Frage, ob die Kohlensäureabgabe des Menschen durch Beimengung von Ausatmungsluft zur Einatemluft beeinflufst werde, brachte ich eine Person, in anderen Versuchen auch mehrere Personen in einem luftdicht verschlossenen Raum unter, worin der steigende Kohlensäuregehalt der Luft zu Anfang des Versuchs sowie in bestimmten, gleichmäfsigen Zeitabständen gemessen wurde.

Als Versuchsraum diente der $7^1/_2$ cbm fassende Eisenblechkasten unseres Pettenkoferschen Respirationsapparats, und als Versuchspersonen zunächst ich selber (I), sodann die Personen Behr. und Hs. sowohl einzeln (III und IV), wie auch zusammen (II).

I. Selbstversuche.

Versuch 1.

Ich betrete den Kasten um 11 Uhr, 3—4 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme, dem Frühstück, das in gewohnter Weise aus einer Tasse Kaffee und einem Milchbrot ohne Butter bestand.

Ich bleibe zwei Stunden im Kasten und entnehme halbstündlich Luftproben zwecks Kohlensäurebestimmung nach der Pettenkoferschen Flaschenmethode, im ganzen 5 Doppel-

proben. Im Kasten selber wird auch das Barytwasser in die Flaschen eingefüllt. Zu diesem Zwecke steht die Barytwasserflasche auf dem Dach des Kastens und ist mit einem Heber verbunden, welcher durch eine Öffnung der Kastenwand ins Innere des Kastens reicht.

Im Verlauf des Versuchs, während der Kohlensäuregehalt der Kastenluft allmählich auf 6,70 ‰ steigt, merke ich der Luft nichts Besonderes an, insbesondere merke ich nichts von einem Geruch; zeitweise kommt es mir so vor, als ob die Atmung herabgesetzt sei. Etwa eine Stunde nach Abschlufs des Versuchs empfinde ich Kopfschmerzen, die ich nicht wohl auf etwas Anderes als den Versuch zurückführen kann.

Die Temperatur der Kastenluft stieg während des Versuchs von 18,0 auf 18,9° und die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 58%.

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft wurde zu Anfang des Versuchs, da die Fenster des Respirationszimmers über Nacht offen gehalten worden waren, zu nur 0,30‰ bestimmt. Gleich hier sei bemerkt, dafs in den späteren Versuchen ebenso verfahren und insbesondere auch der anfängliche Kohlensäuregehalt stets gemessen, jedoch des Vergleichs der ansteigenden Werte halber auf die einheitliche Ausgangsgröfse von 0,30‰, wie hier, reduziert wurde, übrigens stets wenigstens angenähert soviel betrug; im Maximum wurde 0,42‰ als Anfangswert gefunden.

Von 0,30‰ stieg der Kohlensäuregehalt der Kastenluft im ersten Versuch halbstündlich auf 2,23—3,90—5,28—6,70‰; letzterer Wert wurde in zwei Stunden erreicht.

Hieraus läfst sich für verschiedene Kohlensäuregehalte der Inspirationsluft meine Kohlensäureabgabe in Litern auf die Stunde berechnen:

29,0 bis 0,30 bis 2,23, Mittel 1,3‰ CO_2 der Inspirationsluft[1])
27,0 » 2,23 » 3,90 » 3,1 » » »
24,9 » 3,90 » 5,28 » 4,6 » » »
24,0 » 5,28 » 6,70 » 6,0 » » »

1) 29,0 = 7,5 (2,23 — 0,30) × 2. 24,9 = 7,5 (5,28 — 0,30) × ²/₃.
27,0 = 7,5 (3,90 — 0,30) × 1. 24,0 = 7,5 (6,70 — 0,30) × ½.

Die Zuwächse der Kastenluft an Kohlensäure in Promille, vergleichshalber gleichfalls auf Stundenwerte berechnet, betrugen zunächst **3,86** = 2 × 1,93, alsdann **3,60**, sodann **3,32** = ⅔ × 4,98, endlich **3,20** = ½ × 6,40.

Meine Kohlensäureabgabe wurde also in diesem Versuch deutlich um so geringer, je höher der Kohlensäuregehalt der Einatemluft anstieg. Dasselbe Ergebnis hatte, wie vorweg bemerkt sei, der nächste, in etwas anderer Weise angeordnete Selbstversuch.

Versuch 2.

In diesem Versuch wird die Kastenluft zwecks besserer Mischung während der ganzen Versuchsdauer mittels Ventilators in schwacher Bewegung erhalten und der Ventilator so gerichtet, dafs mich der Wind nicht unmittelbar trifft. Ich bleibe anderthalb Stunden im Kasten und entnehme viertelstündlich Luftproben, im ganzen 7 Doppelproben. Im übrigen sind Versuchsbedingungen und Methodik die gleichen wie im vorigen Versuch.

Die Temperatur der Kastenluft stieg während des Versuchs von 18,1 auf 18,7° und die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 56 %.

Einige Minuten nach Verlassen des Kastens in den Kasten zurückgekehrt, empfinde ich überaus deutlich den der Luft anhaftenden üblen Geruch, welchen ich im Verlauf des Versuchs nicht wahrgenommen hatte. (Ähnliches trifft für alle anderen, hier mitgeteilten Versuche zu.)

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft betrug anfänglich 0,30 ‰, richtiger 0,32 ‰. Vergleichshalber sind 0,02 ‰ an diesem und den nachstehenden Werten in Abzug gebracht (z. B. 1,38 = 1,40 — 0,02 u. s. w.). Ebenso wurde in den folgenden Versuchen gerechnet, insofern der Ausgangswert von 0,30 ‰ abwich.

Von 0,30 (0,32) ‰ stieg der Kohlensäuregehalt der Kastenluft im zweiten Versuch viertelstündlich auf 1,38—2,39—3,34—4,22—5,08—5,88 ‰; letzterer Wert wurde in anderthalb Stunden erreicht.

Hieraus läfst sich als meine Kohlensäureabgabe auf die Stunde rechnen:

32,4	bei	0,30	bis	1,38,	Mittel	0,8‰	der	Inspirationsluft[1])
31,4	»	1,38	»	2,39,	»	1,9 »	»	»
30,4	»	2,39	»	3,34,	»	2,9 »	»	»
29,4	»	3,34	»	4,22,	»	3,8 »	»	»
28,7	»	4,22	»	5,08,	»	4,7 »	»	»
27,9	»	5,08	»	5,88,	»	5,5 »	»	»

Die Zuwächse der Kastenluft an Kohlensäure in Promille, vergleichshalber auf Stundenwerte berechnet, betrugen zunächst **4,32** $= 4 \times 1{,}08$, alsdann **4,18** $= 2 \times 2{,}09$, sodann **4,05** $= \frac{4}{3} \times 3{,}04$, sodann **3,92**, hierauf **3,82** $= \frac{4}{5} \times$ **4,78**, endlich **3,72** $= \frac{2}{3} \times 5{,}58$.

Also auch in diesem Versuch machte sich, von Analyse zu Analyse fortschreitend, eine stetige Verminderung der Kohlensäureabgabe mit steigender Luftverschlechterung deutlichst bemerkbar. In hochgradig verschlechterter Luft, über etwa 4‰ CO_2, war die fernere Verminderung relativ geringer geworden; ebenso anscheinend auch schon im ersten Versuch über etwa 5‰ Kohlensäure.

Die beiden Selbstversuche waren gewissermafsen Arbeitsversuche. Denn alle Viertel-, beziehungsweise Halbstunden wurden je zwei Flaschen durch je etwa 50 Blasebalgstöfse mit Kastenluft gefüllt, worauf ich Barytwasser zugab, die Flaschen umschwenkte u. s. w., so dafs ich fast ununterbrochen in Tätigkeit war. Da jedoch in den einzelnen Zeitintervallen die gleiche Arbeit geleistet wurde, durfte erwartet werden, dafs, wie auch tatsächlich aus dem Ausfall der Versuche hervorzugehen scheint, die Einzelzahlen des Kohlensäure-Anstiegs gleichmäfsig beeinflufst wurden.

Jedenfalls wurde hauptsächlich wegen der Arbeitsleistung die Kohlensäure-Abgabe in den Selbstversuchen so hoch, und im

---

1) $32{,}4 = 7{,}5\ (1{,}38 - 0{,}30) \times 4$. $29{,}4 = 7{,}5\ (4{,}22 - 0{,}30) \times 1$.
$31{,}4 = 7{,}5\ (2{,}39 - 0{,}30) \times 2$. $28{,}7 = 7{,}5\ (5{,}08 - 0{,}30) \times \frac{4}{5}$.
$30{,}4 = 7{,}5\ (3{,}34 - 0{,}30) \times \frac{4}{3}$. $27{,}9 = 7{,}5\ (5{,}88 - 0{,}30) \times \frac{2}{3}$.

zweiten Versuch mit der doppelten Arbeitsleistung, indem alle Viertel- statt Halbstunden das Gleiche zu tun war, wesentlich höher als im ersten gefunden. Im Mittel betrug die Abgabe im ersten Versuch etwa 30, und im zweiten etwa 26 l Kohlensäure pro Stunde. Es mag mein eigentlicher Ruhewert hieraus auf etwa 26 — (30—26) = 22 l Kohlensäure pro Stunde zu veranschlagen sein, was bei einem Körpergewicht von 85—90 kg keine aufsergewöhnlich hohe Abgabe bedeutet.

In den folgenden Versuchen brachte ich andere Personen im Kasten unter. Die Versuchsanordnung war auf die Einhaltung möglichster körperlicher Ruhe seitens der Versuchspersonen gerichtet, und daher teilweise eine andere als vorbeschrieben.

II. Versuche an Personen Behr. und Hs.

Versuch 3.

Behr. und Hs. betreten den Kasten um 10 Uhr, 3—4 Stunden nach dem Frühstück, und haben angeblich seitdem nichts mehr zu sich genommen.

Sie blieben dreieinviertel Stunden im Kasten. Die Kohlensäuremessungen erfolgen mittels der Pettenkoferschen Röhrenmethode, indem, $^1/_4$ Stunde nach Betreten des Kastens beginnend, während sechs halber Stunden je etwa 5 l Luft gleichmäfsig aus dem Kasten abgesaugt werden.

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg von 0,30 ‰ um 10 Uhr auf 2,54 ‰ um 10 $^1/_2$ Uhr (Mittel der Durchschnittsanalyse von 10 $^1/_4$ — 10 $^3/_4$ Uhr), und weiter halbstündlich auf 4,48—6,35—7,69?—10,16—11,84 ‰; letzterer Wert kann als in drei Stunden erreicht gelten.

Auf die Stunde berechnet, betrug der Zuwachs der Kastenluft an Kohlensäure in Promille zunächst **4,48**, sodann nur mehr **4,18—4,04—3,70? —3,94—3,85**[1]).

1) 4,48 = (2,54 — 0,30) × 2. 3,70 = (7,69 — 0,30) × $^1/_2$.
4,18 = (4,48 — 0,30) × 1. 3,94 = (10,16 — 0,30) × $^2/_5$.
4,04 = (6,35 — 0,30) × $^2/_3$. 3,85 = (11,84 — 0,30) × $^1/_3$.

Durch Multiplikation der Zuwächse mit dem Kasteninhalt (7,5 cbm) erhält man folgende Gröfsen als stündliche Bildungen:

33,6	l/St.	CO_2	bei	2,5‰	CO_2	der	Inspirationsluft
31,4	»	»	»	4,5	»	»	»
30,3	»	»	»	6,4	»	»	»
27,8?	»	»	»	7,7	»	»	»
29,5	»	»	»	10,2	»	»	»
28,9	»	»	»	11,8	»	»	»

Als Temperatur und relative Feuchtigkeit der Kastenluft wurden während dieses Versuchs notiert:

20,0°	und	56%	um	10¼	Uhr
21,7	»	82	»	10¾	»
22,0	»	87	»	11¼	»
22,1	»	88	»	11¾	»
22,2	»	90	»	12¼	»
22,4	»	90	»	12¾	»
22,5	»	90	»	1¼	»

Versuche 4 und 5.

Die Versuche 4 und 5 sind eine Wiederholung von Versuch 3. Anordnung und Ausführung der Versuche blieben im wesentlichen unverändert bis auf den einen Umstand, dafs der Kasten durch eine elektrische Glühlampe beleuchtet wurde, wodurch sich die im vorausgegangenen Versuch während der letzten Stunde beobachtete hohe Luftfeuchtigkeit (90%) vermeiden liefs.

In Versuch 4 wird der Kasten um 10¼ Uhr betreten, von 10½ Uhr ab wird Luft zur Analyse entnommen und um 1½ Uhr ist der Versuch zu Ende. Versuch 5 währt entsprechend von 10½, beziehungsweise 10¾ bis 1¾ Uhr. Die Versuchspersonen bleiben beide Male also, wie in Versuch 3, dreieinviertel Stunden im Kasten.

Temperatur und Feuchtigkeit der Kastenluft waren:

In Versuch 4:					In Versuch 5:			
19,8°	und 64 %	um 10	Uhr 25	Min.	17,6°	und 48 %	um $10^1/_2$	Uhr
21,2	» 67	» 10	» 45	»	20,8	» 58	» $11^1/_4$	»
21,6	» 70	» 11	» —	»	20,8	» 65	» $11^3/_4$	»
22,0	» 73	» 11	» 30	»	21,0	» 70	» $12^1/_4$	»
22,2	» 76	» 12	» —	»	21,3	» 73	» $12^3/_4$	»
22,5	» 78	» 12	» 30	»	21,5	» 77	» $1^1/_4$	»
22,6	» 79	» 1	» —	»	21,7	» 78	» $1^3/_4$	»
22,8	» 80	» 1	» 30	»				

In Versuch 4 stieg der Kohlensäuregehalt der Kastenluft von 0,30 ‰ um $10^1/_4$ auf 3,15 ‰ um $10^3/_4$ Uhr (Mittel der Durchschnittsanalyse von $10^1/_2$—11 Uhr), und weiter halbstündlich auf 4,96—7,21—8,90—10,75—12,79 ‰; im Versuch 5 von 0,30 ‰ um $10^1/_2$ auf 2,61 um 11 Uhr (Mittel der Durchschnittsanalyse von $10^3/_4$—$11^1/_4$ Uhr), und weiter halbstündlich auf 4,68—6,88—8,62—10,78—13,06 ‰.

Auf die Stunde berechnet, betrug der Zuwachs der Kastenluft an Kohlensäure in Promille in Versuch 4 zunächst **5,70**, sodann **4,66—4,61—4,30—4,18—4,16**[1]) und im Versuch 5 zunächst **4,62** und sodann **4,38—4,38—4,16—4,20—4,26**[2]).

Die Kohlensäurebildung, auf die Stunde berechnet, betrug in Versuch 4:

42,8	l/St. CO_2	bei	3,2 ‰	CO_2	der Inspirationsluft
35,0	» »	»	5,0	»	» »
34,5	» »	»	7,2	»	» »
32,3	» »	»	8,9	»	» »
31,4	» »	»	10,8	»	» »
31,2	» »	»	12,8	»	» »

1) 5,70 = (3,15 — 0,30) × 2. 4,30 = (8,90 — 0,30) × $^1/_2$.
4,66 = (4,96 — 0,30) × 1. 4,18 = (10,75 — 0,30) × $^2/_5$.
4,61 = (7,21 — 0,30) = $^2/_3$. 4,16 = (12,79 — 0,30) × $^1/_3$.

2) 4,62 = (2,61 — 0,30) × 2. 4,16 = (8,62 — 0,30) × $^1/_2$.
4,38 = (4,68 — 0,30) × 1. 4,20 = (10,78 — 0,30) × $^2/_5$.
4,38 = (6,88 — 0,30) × $^2/_3$. 4,26 = (13,06 — 0,30) × $^1/_3$.

und in Versuch 5:

34,7	l/St.	CO_2	bei	2,6 ‰	CO_2	der	Inspirationsluft
32,9	»	»	»	4,7	»	»	»
32,9	»	»	»	6,9	»	»	»
31,2	»	»	»	8,6	»	»	»
31,5	»	»	»	10,8	»	»	»
32,0	»	»	»	13,0	»	»	»

Im Gesamtmittel der Versuche 3, 4 und 5 betrugen, auf die Stunde gerechnet, die Zuwächse der Kastenluft an Kohlensäure **4,93—4,41—4,34—4,23—4,11—4,09** ‰, und die Kohlensäurebildungen:

37,0	l/St.	CO_2	bei	2,8 ‰	CO_2	der	Inspirationsluft
33,1	»	»	»	4,7	»	»	»
32,6	»	»	»	6,8	»	»	»
31,7	»	»	»	8,8	»	»	»
30,8	»	»	»	10,6	»	»	»
30,7	»	»	»	12,6	»	»	»

Also auch in den Versuchen 3—5 wurde die Kohlensäureabgabe der Versuchspersonen mit steigender Luftverschlechterung wesentlich geringer und zwar bis zu einer hochgradigen Luftverschlechterung (um 10 ‰), in deren Bereich überhaupt keine weitergehende Einschränkung der Abgabe mehr erfolgte. Vermutlich hätte sich bei noch weitergehender Luftverschlechterung sogar wieder eine Steigerung der Kohlensäureabgabe gezeigt.

An beiden Personen wurden dann noch Einzelversuche angestellt (Versuche 6—8).

III. Versuche an Person Behr. allein.

Versuch 6.

Behr. betritt den Kasten um 10¼ Uhr und bleibt dreieinviertel Stunden darin. Anordnung und Ausführung des Versuchs waren die gleichen wie in Gruppe II, nämlich erst von 10½ Uhr ab wird Luft zur Analyse abgesaugt: zunächst eine Probe von 10½—11 Uhr, weitere Proben von 11—11½, 11½—12, 12—12½, 12½—1, 1—1½ Uhr. Im Kasten befindet sich keine künstliche Lichtquelle.

Temperatur und Feuchtigkeit der Kastenluft:

17,3°	und	50%	um	$10^1/_4$	Uhr
18,9(!)	»	57	»	$10^1/_2$	»
19,2	»	65	»	11	»
19,6	»	73	»	$11^1/_2$	»
19,4	»	74	»	12	»
19,4	»	76	»	$12^1/_2$	»
19,4	»	78	»	1	»
19,4	»	80	»	$1^1/_2$	»

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg von 0,30‰ halbstündlich auf 1,53—2,36—3,37—4,23—5,16—6,19; letzterer Wert kann als in drei Stunden erreicht gelten.

Der Zuwachs der Kastenluft an Kohlensäure in Promille stellte sich daher, auf die Stunde berechnet, auf **2,46—2,06—2,05—1,97—1,94—1,96** und die Kohlensäurebildung betrug somit, ebenfalls auf Stunden gerechnet:

18,5	l/St.	CO_2	bei	1,5‰	CO_2	der	Inspirationsluft
15,5	»	»	»	2,4	»	»	»
15,4	»	»	»	3,4	»	»	»
14,8	»	»	»	4,2	»	»	»
14,6	»	»	»	5,5	»	»	»
14,7	»	»	»	6,2	»	»	»

Auch hier trat somit die Einwirkung der Luftverschlechterung auf die Kohlensäureabgabe hauptsächlich und am entschiedensten dann zutage, wenn sich die Luftverschlechterung innerhalb mäfsiger Grenzen hielt.

Man könnte vielleicht einwenden, die Versuchsperson habe möglicherweise, trotz der gegenteiligen Weisung, zwischen Frühstück und Versuchsbeginn noch weitere Nahrung, etwa Alkohol[1]), zu sich genommen; und, wo dies der Fall, werde ein Abfall der

1) Nach soeben veröffentlichten Versuchen von Binz (Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 3) wächst die Atmungsgröfse unter dem Einflufs von Alkoholaufnahme kaum oder nur unwesentlich bei dem nicht ermüdeten Menschen, während sie beim körperlich Ermüdeten ceteris paribus bis um 80 und 90% in die Höhe geht.

Kohlensäureproduktion in der Zeiteinheit, das ist von Halbstunde zu Halbstunde im Versuch, möglicherweise erklärlich, ohne dafs man der unreinen Luft eine spezifische Wirkung beilegen müsse.

Hierauf ist zu entgegnen, dafs die gleiche Wirkung in allen Versuchen und auch in den Selbstversuchen, wo sicherlich hinsichtlich des subjektiven Verhaltens alles wunschgemäfs zuging, beobachtet wurde. Immerhin war dort eine andere Untersuchungsmethode in Anwendung. Um allen Einwänden dieser Art zu begegnen, wurde das Programm der letzten beiden Versuche in nachstehender Weise verändert:

Der Versuch soll nicht mehr ununterbrochen 6 × ½ Stunde währen, sondern zunächst nur 3 × ½ Stunde. Hierauf soll eine halbstündige Pause eintreten, während welcher der Kasten gründlich gelüftet wird und die Versuchsperson, unter strenger Überwachung bleibend, das Respirationszimmer nicht verlassen darf. Alsdann soll der Versuch für die Dauer einiger weiteren halben Stunden von neuem aufgenommen werden. In der vierten halben Versuchsstunde, nach der Pause, mufs — so ist zu erwarten — die Kohlensäurebildung wieder in die Höhe gehen, falls in reiner Luft tatsächlich mehr Kohlensäure abgegeben wird.

Die Versuche 7 und 8 ergaben, wie aus dem Nachstehenden hervorgeht, das vorhergesehene Resultat:

Im einen Fall (Behr., Versuch 7) stieg die Abgabe, welche von 16,2 auf 14,8 gesunken war, alsbald nach der Pause wieder auf 17,0, um alsdann von neuem auf 14,9 herunterzugehen; und im anderen Fall (Hs., Versuch 8) sank die Abgabe vor und nach der Pause ähnlich, nämlich von 20,2 auf 16,2, beziehungsweise von 19,2 auf 17,5.

Versuch 7.

Behr. betritt den Kasten um 9¾ Uhr. Von 10—11½ Uhr wird Luft zur Analyse abgesaugt, dreimal je eine halbe Stunde hindurch. Der Kasten wird von 11½—11¾ verlassen und mittels eines grofsen elektrischen Ventilators gründlich gelüftet. Um 11¾ Uhr betritt Behr. den Kasten wieder und von 12—1 Uhr wird von neuem, zweimal eine halbe Stunde lang, Luft zur Analyse

abgesaugt. Behr. verweilt also zunächst eindreiviertel Stunden, und nach der Pause nochmals eindreiviertel Stunden im Kasten. Der Kasten wird nicht künstlich beleuchtet.

Temperatur und Feuchtigkeit der Kastenluft:

18,8°	und	71%	um	10	Uhr
19,2°	»	77 »	»	10½	»
19,4°	»	83 »	»	11	»
19,6°	»	84 »	»	11½	»

und nach der Pause:

19,0°	und	57%	um	11¾	Uhr
19,4°	»	64 »	»	12	»
19,8°	»	71 »	»	12½	»
20,1°	»	74 »	»	1	»

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg zunächst von 0,30‰ halbstündlich auf 1,38—2,36—3,26 in 1½ Stunden, und nach der Pause innerhalb einer ferneren Stunde von neuem von 0,30‰ auf 1,43 und 2,29.

Der *Zuwachs* der Kastenluft an Kohlensäure in Promille belief sich daher, auf die Stunde berechnet, zunächst auf 2,16—2,06—1,98 und nach der Pause 2,26—1,99, im *Mittel* beider Reihen auf **2,21—2,03—1,98**, woraus sich für Person Behr. die nachstehenden *Bildungen* pro Stunde ergeben:

Zunächst bis zur Pause:

16,2	l/Std. CO_2	bei	1,4‰	CO_2	der	Inspirationsluft	
15,5	»	»	» 2,4 »	»	»	»	
14,8	»	»	» 3,3 »	»	»	»	

und nach der Pause ähnlich:

17,0	l/Std. CO_2	bei	1,4‰	CO_2	der	Inspirationsluft
14,9	»	»	» 2,3 »	»	»	»

oder im *Mittel* beider Reihen:

16,6	l/Std. CO_2	bei	1,4‰	CO_2	der	Inspirationsluft
15,2	»	»	» 2,3 »	»	»	»
14,8	4	»	» 3,3 »	»	»	»

oder im Gesamtmittel bei Einbezug von Versuch 6[1]):

17,5 l/Std. CO_2 bei 1,4‰ CO_2 der Inspirationsluft
15,3 » » » 2,3 » » » »
15,1 » » » 3,3 » » » »

IV. Versuch an Person Hs. allein.

Versuch 8.

Hs. betritt den Kasten um 9¾ Uhr. Von 10—11½ Uhr wird dreimal je eine halbe Stunde lang Luft zur Analyse abgesaugt. Der Kasten wird von 11½—11¾ verlassen und mittels Ventilators gründlich gelüftet. Um 11¾ Uhr betritt Hs. den Kasten wieder und von 12—1½ Uhr wird von neuem dreimal je eine halbe Stunde lang Luft zur Analyse abgesaugt. Hs. verweilt also zunächst eindreiviertel Stunden, und nach der Pause wiederum eindreiviertel Stunden im Kasten. Der Kasten wird auch in diesem Versuch nicht künstlich beleuchtet.

Temperatur und Feuchtigkeit der Kastenluft:

18,5° und 64% um 9¾ Uhr
19,2° » 70 » » 10 »
19,5° » 76 » » 10½ »
19,9° » 81 » » 11 »
19,9° » 84 » » 11½ »

und nach der Pause:

19,0° und 66% um 11¾ Uhr
19,6° » 71 » » 12 »
19,7° » 76 » » 12½ »
19,9° » 81 » » 1 »
20,2° » 84 » » 1½ »

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg von anfänglich 0,30‰ halbstündlich auf 1,65—2,78—3,53 und nach der Pause wiederum von 0,30 auf 1,58—2,71—3,82.

Der Zuwachs der Kastenluft an Kohlensäure in Promille stellte sich daher pro Stunde zunächst auf 2,70—2,48—2,16 und nach der

1) Die Kohlensäurezuwächse der Kastenluft in Promille betrugen hierbei für Person Behr. stündlich im Gesamtmittel 2,34 — 2,05 — 2,02.

Pause auf 2,56—2,40—2,34, durchschnittlich auf **2,63—2,44 —2,25**, woraus sich die nachstehenden stündlichen Bildungen ergeben:

Zunächst bis zur Pause:

20,2 l/Std. CO_2 bei 1,7‰ CO_2 der Inspirationsluft
18,6 » » » 2,8 » » » »
16,2 » » » 3,5 » » » »

und nach der Pause ähnlich:

19,2 l/Std. CO_2 bei 1,6‰ CO_2 der Inspirationsluft
18,0 » » » 2,7 » » » »
17,5 » » » 3,8 » » » »

oder im Mittel beider Reihen:

19,7 l/Std. CO_2 bei 1,6‰ CO_2 der Inspirationsluft
18,3 » » » 2,7 » » » »
16,9 » » » 3,7 » » » »

Vergleicht man die Einzelversuche mit jenen, wo beide Personen zusammen im Kasten safsen, so zeigt sich eine über Erwarten befriedigende Übereinstimmung der Abgaben, wie aus der folgenden Zusammenstellung erhellt:

In der ersten halben Stunde hatten geliefert:

17,5 l/Std. CO_2 Behr. allein im Mittel von Versuch 6 und 7
\+ 19,7 » » Hs. allein im Versuch 8

37,2 » » beträgt somit die Summe, wogegen:
37,0 » » Behr. + Hs. zusammen im Mittel von Versuchen 3, 4 und 5 während der ersten halben Stunde abgaben.

Ähnlich lieferten in der zweiten halben Stunde:

15,3 l/Std. CO_2 Behr. allein im Mittel von Versuch 6 und 7
\+ 18,3 » » Hs. allein im Versuch 8

33,6 » » beträgt somit die Summe, wogegen
33,1 » » Behr. + Hs. zusammen im Mittel von Versuchen 3, 4 und 5 während der zweiten halben Stunde abgaben.

Aus allem geht hervor, dafs die Kohlensäureabgabe des Menschen durch Beimengung von Ausatemluft zur Einatemluft innerhalb der in Wohnräumen vorkommenden Grenzen der

Luftverschlechterung herabgesetzt ist. Besser als durch vorstehende Zahlennachweise wird dieses Verhalten durch die beiden Diagramme Fig. 1 und 2 veranschaulicht.

Um welche Gröfse etwa mag nun, durch je 1‰ Kohlensäurezuwachs, den eine Raumluft auf Rechnung der Atmung der Inwohner aufweist, die Kohlensäureproduktion des Menschen vermindert werden?

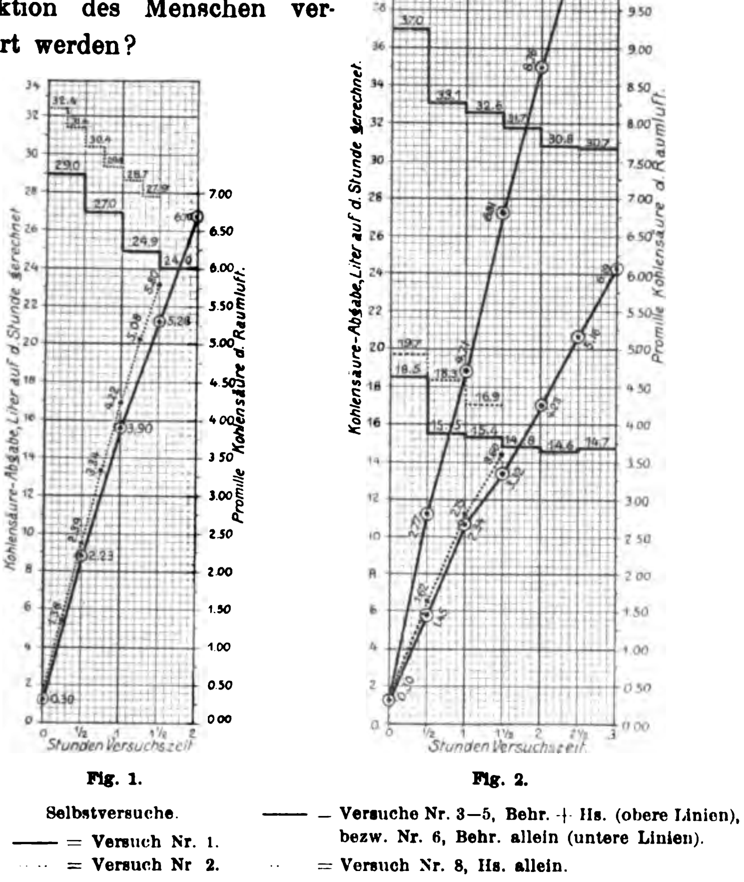


Fig. 1.

Selbstversuche.

——— = Versuch Nr. 1.

· · · · = Versuch Nr 2.

Fig. 2.

——— — Versuche Nr. 3—5, Behr. + Hs. (obere Linien), bezw. Nr. 6, Behr. allein (untere Linien).

· · · · = Versuch Nr. 8, Hs. allein.

Rekapitulieren wir die in Betracht kommenden Versuchsresultate.

Versuch 1 (Selbstversuch).

Während der Kohlensäuregehalt der Raumluft von 1,8 auf 6,0 ‰ stieg, sank die Abgabe von 29,0 auf 24,0 l/St., also im Verhältnis 100 : 83, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich um 1,0 l stündlich, das ist um etwa 3,6 % für 1 ‰ Zuwachs.

Versuch 2 (Selbstversuch).

Während der Kohlensäuregehalt der Raumluft von 0,8 auf 5,5 ‰ stieg, sank die Abgabe von 32,4 auf 27,9 l/St., also im Verhältnis 100 : 86, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich um 1,0 l stündlich, das ist um etwa 3,0 % für 1 ‰ Zuwachs.

Versuche 3—5 (Behr. u. Hs.).

Während der Kohlensäuregehalt der Raumluft von 2,8 auf 6,8 ‰ stieg, sank die Abgabe von 37,0 auf 32,6 l/St., also im Verhältnis 100 : 88, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich um 1,1 l stündlich, das ist um etwa 3,0 % für 1 ‰ Zuwachs; während der Kohlensäuregehalt der Raumluft jedoch weiter von 6,8 auf 10,6 ‰ stieg, sank die Abgabe nur weiter von 32,6 auf 30,8, also im Verhältnis 100 : 94, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich nur um 0,5 l stündlich, das ist um etwa 1,5 % für 1 ‰ Zuwachs; und während der Kohlensäuregehalt der Raumluft noch weiter von 10,6 auf 12,6 ‰ stieg, sank die Abgabe so gut wie gar nicht weiter, nämlich nur von 30,8 auf 30,7.

Versuche 6—7 (Behr. allein).

Während der Kohlensäuregehalt der Raumluft von 1,4 auf 3,3 ‰ stieg, sank die Abgabe von 17,5 auf 15,1 l/St., also im Verhältnis 100 : 86, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich um 1,3 l stündlich, das ist um etwa 7,0 % für 1 ‰ Zuwachs; während der Kohlensäuregehalt der Raumluft jedoch weiter von 3,3 auf 6,2 ‰ stieg, sank die Abgabe nur wenig weiter, nämlich von 15,1 auf 14,7.

Versuch 8 (Hs. allein).

Während der Kohlensäuregehalt der Raumluft von 1,6 auf 3,7 ‰ stieg, sank die Abgabe von 19,7 auf 16,9 l/St., also im Verhältnis 100 : 86, oder für je 1 ‰ Kohlensäurezuwachs durchschnittlich um 1,3 l stündlich, das ist um etwa 6,7 % für 1 ‰ Zuwachs.

Durchschnittlich war die Kohlensäureabgabe der Versuchspersonen also für je 1 ‰ CO_2-Zuwachs der Raumluft, innerhalb der Grenzen von 1—5 ‰, um je ½—1 l stündlich = 3—5 % der normalen Abgabe herabgesetzt. Ob diese Verminderung ihren Grund hat in Stoffen, welche durch die Atmung der Luft beigemengt werden, oder als ein rein psychisch-reflektorischer Vorgang aufzufassen sei, steht dahin.

Ohne Frage ist die Kohlensäure innerhalb dieser Grenzen von etwa 1—5 ‰ als ein Stoff, welcher den Gaswechsel beeinflussen könnte, nicht anzusehen. Bei höheren Gehalten aber wird durch ihre Anhäufung im Gegenteil die Abgabe infolge direkter Erregung des Atmungszentrums gesteigert, wie auch Versuch Nr. 37 der vorausgehenden Veröffentlichung[1]) zeigt, wo durch Anreicherung der Raumluft auf 5—8 ‰ mittels chemisch reiner Substanz eine Vermehrung der Abgabe von 12,3 in der Norm auf 13,0 eintrat; falls in den vorliegenden Versuchen sich irgendwo eine Kohlensäurewirkung nebenher geltend machte, ging diese also im entgegengesetzten Sinne. Damit stimmt der Umstand, dafs die Verminderung der Abgabe nicht genau umgekehrt proportional dem Steigen des Kohlensäuregehalts gefunden wurde; die Abgabe verminderte sich vielmehr bei den höheren Kohlensäuregehalten der Raumluft in einem geringeren Verhältnis, beziehungsweise, auf einer gewissen unteren Grenze angelangt, überhaupt nicht weiter.

Ebensowenig wie die Kohlensäureanhäufung als solche, kommt unter den gewählten Versuchsbedingungen die mit jener Hand in Hand gehende geringfügige Sauerstoffverminderung der Raumluft in Betracht.

Dafs eine Ammoniakansammlung im Sinne Formaneks[2]) an den Resultaten beteiligt gewesen sei, glaube ich nicht annehmen zu dürfen. Am Schlufs der Versuche wurde zwar die Kastenluft stets als übelriechend, jedoch nicht mit einem Ammoniakgeruch behaftet erkannt. Die Versuchspersonen selbst nahmen übrigens während der Versuche niemals einen üblen Geruch wahr, dieser wurde erst am Schlufs von mir oder demjenigen, welcher die Kastentür öffnete (was von aufsen zu geschehen hatte), wahrgenommen.

Ganz ausgeschlossen ist, dafs die beobachtete Verminderung der Kohlensäureabgabe infolge von Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen eingetreten sei. Denn die Temperatursteigerung

---

1) Über die Beziehungen zwischen menschlicher Atmung und künstlicher Beleuchtung.

2) Dieses Archiv, Bd. 38, S. 1. Über die Giftigkeit der Ausatmungsluft.

der Kastenluft, welche einen Kohlensäurezuwachs von 1 ‰ begleitete, betrug durchschnittlich höchstens etwa ¼ ° Celsius und die gleichzeitige Erhöhung der Luftfeuchtigkeit kaum mehr als 2—3 %. Wie früher veröffentlichte Versuche des Laboratoriums ergeben haben, wird die Kohlensäureabgabe des Menschen selbst durch extreme Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit nur unsicher beeinflufst, und innerhalb der gewählten Versuchsgrenzen auch nicht durch weit erheblichere Temperaturschwankungen als sie hier vorliegen.

Ich mufs es, wie gesagt, dahingestellt sein lassen, wodurch die Verminderung der Kohlensäureabgabe bedingt war, und mich, vorläufig wenigstens, mit dem Nachweis begnügen, dafs eine solche Verminderung tatsächlich mit der spontanen Luftverschlechterung in bewohnten Räumen, wofür das Ansteigen des Kohlensäuregehaltes der Raumluft einen Mafsstab bietet[1]), Hand in Hand geht.

Aus den obigen Darlegungen ziehe ich folgende Schlufssätze, welche für beengte und überfüllte Räume, in denen sich erfahrungsgemäfs etwa 1—5 ‰, selten mehr Kohlensäure anzusammeln pflegt, Gültigkeit beanspruchen dürfen:

1. In zu klein bemessenen oder aus anderen Gründen unzureichend gelüfteten Aufenthaltsräumen wird durch die sich ansammelnde Ausatemluft die Kohlensäureausscheidung des Menschen herabgesetzt. Dies gilt sowohl für die eigene Verunreinigung der Atemluft durch einen einzelnen Menschen als auch für die durch andere Personen mit verursachte.

2. Die reine Kohlensäure hat eine derartige Wirkung nicht; ebensowenig können Sauerstoffminderung und

1) Der Pettenkofersche Kohlensäure-Mafsstab erhält durch die vorliegenden Versuche eine Stütze, auch für beleuchtete Räume. Denn eine ähnliche Verminderung der Abgabe wie hier trat bei Einatmen von Luft, welche Kohlensäure aus Beleuchtungsprodukten enthielt, ein, nicht aber bei solcher Luft, welcher chemisch reine CO_2 beigemengt wurde (vgl. die vorausgehende Veröffentlichung: Über die Beziehungen zwischen menschlicher Atmung und künstlicher Beleuchtung).

andere bekannte Umstände hierfür verantwortlich gemacht werden.

3. Diese Verminderung der Kohlensäureausscheidung betrug für je 1 ‰ im Raum sich anhäufender Kohlensäure zumeist stündlich ½—1 l = 3—5 % der normalen Ausscheidung.

4. Die Verminderung der Kohlensäureausscheidung und wohl auch der Atmungsgröfse kann als ein ökonomisch sparendes Moment nicht angesehen werden.

   Vielleicht ist die depressorische Wirkung schlechter Luft auf eine nervöse Beeinflussung zurückzuführen, da nur Ermüdung und Erschlaffung einen ähnlichen Faktor darstellen. Die Wirkung war sowohl beim Ruhenden, als auch beim Arbeitenden nachzuweisen.

   Berücksichtigt man, dafs viele Personen dauernd, das ist während einer Reihe von Stunden tagtäglich, auch etwa während eines acht- und mehrstündigen Aufenthalts im Schlafzimmer regelmäfsig eine durch Atmungsprodukte um etwa 1—5 ‰ Kohlensäure angereicherte Luft atmen, so dürfte ein Zusammenhang zwischen der Depression der Kohlensäureabgabe, verminderter Efslust und dem Sinken des Ernährungszustandes, wie sie bei dem Aufenthalt im geschlossenen Raum nicht selten sind, sich nicht von der Hand weisen lassen.

5. Eine Steigerung der geschilderten Vorkommnisse tritt beim Hinzukommen der Verbrennungsluft von Leuchtmaterialien ein, wie in der vorhergehenden Abhandlung nachgewiesen wurde.

   Kompensatorische Einflüsse sind innerhalb gewisser Grenzen die Luftbewegung und Kühle, welche, wie in früheren Veröffentlichungen nachgewiesen, unter bestimmten Voraussetzungen die Atmungsgröfse, Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme steigern.

Über eine seuchenhafte Erkrankung bei Singvögeln.

Von

Stabsarzt Dr. v. **Wasielewski**, Priv.-Doc. und Stabsarzt
Dr. **W. Hoffmann**; Assistenten des Instituts.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Bei den Übertragungen der Malariaparasiten auf Kanarienvögel, welche von einem von uns seit längerer Zeit vorgenommen worden sind*), traten, neben den schon früher geschilderten Infektionen durch Coccidien, Bakterienerkrankungen auf, welche den Fortgang der Impfungen längere Zeit störten und welche infolge der eigenartigen pathogenen Wirkung des Erregers eine kurze Schilderung verdienen. Bis zum Herbst 1901 waren die Kanarienvögel in Holzkäfigen untergebracht; sie wurden durch eine junge graue Ratte, die sich aus ihrem Käfig befreit hatte, sämtlich totgebissen und dadurch ging das Untersuchungsmaterial ebenso wie die für die Immunitätsprüfung aufbewahrten Tiere, welche die akute Bluterkrankung überstanden hatten, verloren. Damals machte die schnelle Beschaffung von malariakranken Vögeln zunächst Schwierigkeiten. Es wurde deshalb ein gröfserer Transport verschiedenartiger Vogelarten aus Holland bezogen, unter denen sich insbesondere die verhältnismäfsig häufig infizierten Goldammern befanden. Eine dieser Goldammern war auf dem Transport gestorben. Bei der Sektion fiel zwar die dunkelrote Färbung und starke Injektion des Herzens und der Leber auf; da sich aber in dem Herzblut des gestorbenen Tieres spärlich Blutparasiten, und zwar etwa 1 Parasit in jedem Präparat fanden, wurde das Blut zur Weiterimpfung benutzt. Schon

*) v. Wasielewski, Über Verbreitung und künstliche Übertragung der Vogelmalaria 1901. Archiv f. Hygiene Bd. 41.

früher war in mehreren Fällen die Übertragung des Blutes kürzlich gestorbener Tiere geglückt. Da an diesem Tage eine gröfsere Reihe von auf dem Transport gestorbenen Tieren, sowie die lebenden neu eingetroffenen auf Blutparasiten untersucht wurden, unterblieb die weitere Sektion, sodafs über den Milzbefund der betreffenden Goldammer Notizen nicht vorhanden sind. Die Verimpfung ihres Herzblutes auf drei Kanarienvögel hatte den Erfolg, dafs zwei derselben am folgenden, ein dritter am elften Tage starben. Aus dem Herzblut der am folgenden Tage gestorbenen Vögel wurde durch Agarausstrich ein kurzes, anscheinend schwach bewegliches Stäbchen mit abgerundeten Ecken gezüchtet, welches mikroskopisch in wenigen Exemplaren im Blutausstrich nachweisbar gewesen war und hier Andeutungen einer Kapsel gezeigt hatte. Das Stäbchen war nicht nach Gram färbbar, bildete in den Kulturen lange Fäden, bildete auf der Gelatine, welche nicht verflüssigt wurde, coliähnliche Kolonien: auf Agar wuchs ein grauer, schleimiger, ziemlich reichlicher Belag, der auf Kartoffel gelblich gefärbt war. Auffallend war der Sektionsbefund bei dem nach 11 Tagen gestorbenen Tiere. Hier fanden sich an der Impfstelle, an der linken Brusthälfte, zahlreiche, durch die Haut schimmernde, linsengrofse, nach dem Halse zu fast Mandelgröfse erreichende, prominente, konfluierende gelbe Herde. Nach der Entfernung der Haut erwiesen sich dieselben als nekrotische Partien, welche der Brustmuskulatur auf- und eingelagert waren und eine zähe Konsistenz besassen. Im Zupfpräparat waren nur nekrotische, fettig degenerierte Muskelfasern erkennbar; im Herzblut liefsen sich mikroskopisch Plasmodien nicht nachweisen. Die Milz war weder vergröfsert noch hyperämisch: die Agarausstriche des Herzblutes ergaben das Vorhandensein der oben geschilderten Bakterien in Reinkultur.

Obgleich von diesen drei Kanarienvögeln eine Überimpfung auf andere Tiere nicht erfolgte, breitete sich die Erkrankung auf eine Reihe der Nachbarkäfige aus, in denen ohne besondere Vorsichtsmafsregeln Impftiere gehalten wurden, und zwar waren anfangs nur einzelne Vögel davon befallen. Es wurden, ohne dafs diese Ausbreitung sich zunächst bemerkbar machte, die Malaria-

impfungen fortgesetzt. Da jedoch die Krankheit hier keine erkennbaren äufseren Veränderungen hervorrief, dagegen hauptsächlich nekrotische Herde in Leber und Milz veranlafste, die erst bei der Sektion gefunden wurden, war die Ausbreitung und die Übertragung der Infektion, welche ziemlich chronisch verlief, zunächst nicht erkennbar. Es mufs angenommen werden, dafs auch in diesen chronischen Fällen zum Teil Bakterien im Venenblut vorhanden gewesen sind.

Während in der nächsten Zeit, im Laufe des Dezember 1901 und des Januar und Februar 1902, nur einzelne Tiere erkrankten, nahm im April und Mai 1902 die Sterblichkeit einen solchen Umfang an, dafs von einer weiteren Übertragung der Malariaparasiten Abstand genommen werden mufste. Es erwiesen sich schliefslich alle mit Malaria geimpften Vögel, welche zum Teil in der typischen Zeit nach der Impfung die Blutparasiten reichlich im peripheren Blut zeigten, gleichzeitig mit Bakterien infiziert, deren Wirkung auf die einzelnen Impftiere eine verschiedene war. Während einzelne wenige Tage nach der Blutübertragung an der Infektion starben, verlief bei anderen die Erkrankung chronisch durch Wochen hindurch, und nur der charakteristische besonders hervortretende Milzbefund, sowie der bakteriologische Nachweis der Bakterien im Blut liefs bei ihnen die Todesursache erkennen. Es mufste deshalb im Mai die Blutübertragung vollkommen abgebrochen werden, um die Seuche auszurotten, und erst nach Monaten konnten die Malariaübertragungen wieder aufgenommen werden.

Im Laufe der Infektion zeigte sich, dafs nicht nur durch die Blutübertragung, wie das anfangs angenommen wurde, sondern auch durch die Verstäubung infizierter Kot- und Futterteile auf die Nachbarkäfige eine Übertragung der Krankheit erfolgen konnte. Dies ging besonders daraus hervor, dafs Tiere, welche mit dem Blut völlig gesunder Vögel, bei denen auch die nachfolgende Sektion und bakteriologische Untersuchung keine Bakterienerkrankung nachweisen konnte, geimpft worden waren, derselben Seuche zum Opfer fielen. Es führten diese Beobachtungen zu einer näheren Verfolgung der Wachstumseigenschaften und der

pathogenen Bedeutung des Stäbchens, über die hier kurz berichtet werden soll.

Die Kulturen wuchsen auf Agar bei 28—37° verhältnismäfsig üppig. Es bildeten sich kleine, durchscheinende, grauweifse Kolonien, welche nach 24—48 Stunden etwa 2—4 mm im Durchmesser grofs waren. Während anfangs in diesen Kulturen kurze, bisweilen fast kokkenähnliche Stäbchen gefunden wurden, welche zum Teil durch die auftretende Durchschnürungslinie das Aussehen von Diplokokken annahmen, fanden sich daneben später gröfsere stäbchenförmige Gebilde Fig. 1; dieselben wuchsen zum Teil zu langen Fäden aus, welche mehr als die zehnfache Länge der anfangs vorhandenen Stäbchen erreichten Fig. 2. Bei den mehrfachen Übertragungen kamen meist nur kokkenähnliche Kurzstäbchen zu Gesicht; schickte man die Kultur wieder durch den Tierkörper oder machte man die Übertragungen auf Blutagarröhrchen, so fand man bei der mikroskopischen Untersuchung vornehmlich längere Stäbchen; es scheint alsoder Hämoglobingehalt des Nährbodens hierbei eine Rolle zu spielen. Üppiger als auf Agarnährböden erfolgte das Wachstum auf Serumröhrchen und auf Blutagarröhrchen. Bouillon wurde schnell getrübt und enthielt einen schleimigen, fadenziehenden Bodensatz. Nach 2 Tagen war bisweilen eine deutliche Häutchenbildung auf der Oberfläche der Bouillon nachweisbar. Das Oberflächenhäutchen sank beim Schütteln zu Boden. Bei Stichkulturen in hohen Schichten von Traubenzuckeragar wurde kein Gas gebildet, das Wachstum war auch in den tiefen Agarschichten noch üppig; Milch gerinnt nicht, Indolbildung fehlt. Auf Gelatine zeigte sich bei 22° C. geringes Wachstum und keine Verflüssigung; bei 28° C. traten nach 2 Tagen weifsliche Kolonien von 1—3 mm Durchmesser auf, die mikroskopisch eine gelbbräunliche Farbe zeigten, in der Mitte dunkler gefärbt waren und eine hellere Randzone besafsen. Bei Oberflächenkolonien ragte das Zentrum kuppenförmig vor. Auf der Kartoffel erfolgte bei 28° geringes, bei 37° besseres Wachstum eines weifslichen, dünnen Rasens zunächst ohne Färbstoffbildung. Bei Zimmertemperatur nahm jedoch nach 4 Tagen der Rasen eine leicht

gelbliche Färbung an. Das Stäbchen wuchs noch bei 15^{0} C., bei 8^{C} wie bei 48^{0} C. stockte die Vermehrung. In gefärbten

Fig. 1. Deckglasaustrich von der Reinkultur. Vergröfserung 1 : 1000.

Präparaten, insbesondere von Gewebsausstrichen, trat häufig bei Färbung mit den gewöhnlichen Anilinfarbstoffen und Karbolthionin eine stärkere Färbung der Polenden der Stäbchen auf



Fig. 2. Fadenbildung. Kapselbildung.

— Polfärbung. Schwierigkeiten bereitete die Feststellung, ob Eigenbewegungen von diesen Stäbchen ausgeführt würden. Verschiedentlich schien es, als ob im hängenden Tropfen von frischen

Kulturen Eigenbewegung vorhanden sei. In allen zuletzt darauf hin untersuchten Kulturen war aber deutlich nachweisbar, dafs



Fig. 3. In der Mitte eine normale, zu beiden Seiten stark vergröfserte mit nekrotischen Herden besetzte Milzen vom Kanarienvogel. Phot. 1 : 1.

diese Eigenbewegung durch eine sehr lebhafte zitternde und tanzende Bewegung der kleinsten Stäbchen vorgetäuscht wurde. Wenn auch in den Randpartien des hängenden Tropfens eine

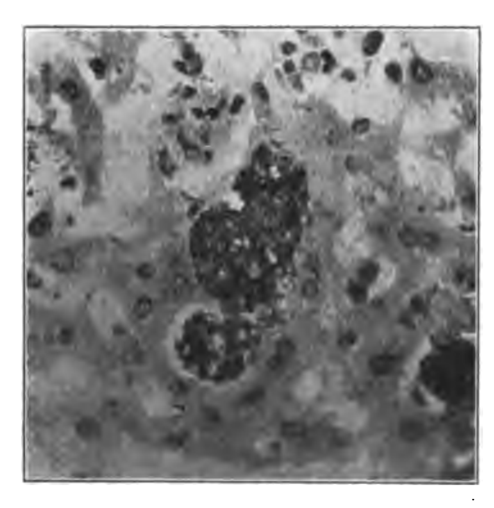


Fig. 4. Leberschnitt. Färbung mit Karbolthionin. Vergröfserung 1 : 500. Im Zentrum grofse Bakterienhaufen.

deutliche Ortsveränderung stattfand, so erfolgte dieselbe doch ausschliefslich nach dem Rande des hängenden Tropfens hin, um hier sofort einzuhalten. Es ist deshalb wahrscheinlicher, dafs

die Eigenbewegung durch molekuläre Strömungen im Tropfen vorgetäuscht wurde, besonders da es bisher nicht gelang, das Vorhandensein von Geifseln färberisch nachzuweisen.

Von besonderem Interesse war die Prüfung der Virulenz dieser Stäbchen, insbesondere wegen der eigenartigen Veränderungen, welche durch dieselbe bei den Impftieren hervorgerufen wurden. Als empfänglich erwiesen sich verwandte Vogelarten: wie Sperlinge, Finken, Tauben und vor allem Kanarienvögel, daneben aber auch Mäuse und Meerschweinchen. Es gelang dagegen nicht, Ratten durch die Kulturen erheblich zu schädigen.

Anfangs wurden die Übertragungen mit dem Material veränderter Organe gestorbener Tiere vorgenommen, und zwar erhielten einige Tiere Organteile subkutan einverleibt. Hierbei verlief die Krankheit verhältnismäfsig langsam. Als die charakteristischen Knötchen, die sich im mikroskopischen Bilde als ausschliefslich aus Bakterien zusammengesetzt erweisen, Buchfinken subkutan verimpft wurden, starben die Tiere nach 10 bis 14 Tagen. Schneller erfolgte der Tod bei Einverleibung von Milzmaterial, welches in Bouillon verrieben war. Hier hatte die intramuskuläre Einspritzung den Tod nach 6 Tagen zur Folge. Eine Maus wurde durch subkutane Verimpfung des Milzmaterials nach 7 Tagen getötet.

Von einer 24stündigen Bouillonkultur tötete ein halbes Kubikzentimeter, Buchfinken intramuskulär eingespritzt, in 3 Tagen; schwächere Dosen hatten eine Verlangsamung des Krankheitsverlaufes bis zu 7 Tagen zur Folge. Sperlinge starben nach Verimpfung von 2 Ösen einer 24stündigen Agarkultur in weniger als 24 Stunden; eine Taube starb nach 39 Tagen nach intramuskulärer Einspritzung von $^1/_2$ ccm Bouillonkultur mit den typischen Veränderungen an der Milz und Leber, stärkster Abmagerung und positivem bakteriologischen Befund. Sehr empfindlich waren Mäuse. Von den frisch aus Vögeln isolierten Kulturen töteten $^1/_2$ Öse in einem Tage, $^1/_8$—$^1/_{10}$ Öse in 2 Tagen. Schwächere Dosen bewirkten zwar eine Erkrankung der Mäuse; dieselben erholten sich jedoch wieder. Eine Ratte, welche mit einer Öse einer 24stündigen Agarkultur geimpft wurde, er-

krankte deutlich, erholte sich aber gleichfalls nach einigen Tagen. Ihr Serum zeigte in der Verdünnung von 1 : 100 deutliches Agglutinationsvermögen für die Bakterien. Ein Kaninchen, welches mit zwei Ösen geimpft wurde, erlitt keine erkennbaren Schädigungen. Durch längere Fortimpfung der Kulturen auf Agarnährböden kam eine deutliche Abschwächung der Bakterienvirulenz für Versuchstiere zustande. So bewirkte dieselbe Kultur, welche in $^1/_{10}$ Öse eine Maus nach zwei Tagen getötet hatte, nachdem sie durch neun Generationen auf Agar weitergezüchtet war, auch in der Dosis von einer halben oder einer ganzen Öse auf Mäuse übertragen, nicht mehr den Tod der Versuchstiere. Aber wenn auch eine Abschwächung erfolgte, so konnten doch nach $^3/_4$ Jahren frische Kulturen noch erhebliche und vor allen Dingen ganz spezifische Wirkungen bei allen Impftieren hervorrufen. Auch nach diesem Zeitraum führte $^1/_{10}$ Öse, in den Brustmuskel gespritzt, den Tod eines Finken nach 4 Tagen herbei. Eine Maus, die mit einer Öse geimpft wurde, starb nach 2 Tagen, eine andere, mit $^1/_5$ Öse geimpft, nach 6 Tagen, die dritte mit $^1/_{10}$ Öse geimpft nach 9 Tagen. Dabei waren, was vor allen Dingen Beobachtung verdient, die charakteristischen Organveränderungen nach der Impfung ebenso ausgesprochen wie bei den vor $^3/_4$ Jahren angestellten Versuchen.

Diese Veränderungen bestanden, wie bei dem ersten Tier, in eigenartigen Nekrosen an der Impfstelle, welche nach Übertragung sehr virulenten Materials fast stets nachweisbar waren. Unter Umständen konnten dieselben direkt zur Entstehung geschwulstähnlicher Massen führen, ohne dafs es in irgend einem Falle zu deutlicher Eiterbildung kam. Es handelte sich vielmehr stets um nekrotische Veränderungen des Gewebes und um zum Teil sehr beträchtliche Anhäufungen der Bakterien Fig. 4. Bei chronischem Verlauf der Infektion ragte diese geschwulstmäfsige Nekrose der Impfstelle stark über das umliegende, manchmal ad maximum abgemagerte Gewebe. Als typische Erscheinung fiel bei den Sektionen die starke Füllung und dunkle Färbung des Herzens auf, in dem sich dicke Blutgerinnsel häufig vorfanden. Demnächst waren am charakteristischsten und fast stets ausgesprochen

die Veränderungen der Milz, welche, wenn die Krankheit länger als 3 Tage gedauert hatte, stets erheblich vergrößert war, manchmal um mehr als das Doppelte der normalen Länge und Breite Fig. 3. In dem meist dunkelrot gefärbten Milzgewebe waren zahlreiche gelbe Knötchen erkennbar, welche oft sehr dicht gedrängt lagen, deutlich über die Oberfläche der Milz hervorragen konnten, aber auch auf dem Querschnitte traten im Innern des Milzgewebes angeordnete Herde hervor. Nicht mit gleicher Regelmäßsigkeit, aber verhältnismäßsig häufig, fanden sich an der Oberfläche der Leber kleine weiſs-gelb erscheinende, bisweilen über die Oberfläche hervorragende nekrotische Herde, welche auf Schnitten erkennen lieſsen, daſs es sich auch hier im wesentlichen um eine Anhäufung zahlreicher Nester weiſser gruppierter Stäbchen im nekrotischen Gewebe handle, dessen Nekrose wohl hauptsächlich die weiſse Färbung des Knötchens bedingt. Eine erhebliche Ansammlung von Eiterzellen fehlte auch hier. Häufig wurde bei der Sektion Hepatisation einzelner Lungenteile nachgewiesen. Bei Impfungen von Mäusen bemerkte man ausnahmsweise auch in der Nierensubstanz die oben beschriebenen nekrotischen Herde. Bei Meerschweinchen liessen die eigenartigen miliaren Knötchenbildungen der Milz den Verdacht auf Tuberkulose zu. Die mikroskopische Untersuchung bewies jedoch, daſs Tuberkelbacillen nicht vorhanden waren.

Die Verbreitung der Bakterien im Blut muſs nach dem Ergebnis der Impfungen in geringem Maſse schon während des Verlaufes der chronischen Erkrankung als vorhanden angenommen werden. Dabei wurde die Entwicklung der Malariaparasiten nicht erheblich beinträchtigt. Die Blutparasiten traten in typischen Zeiträumen auf, und da sich das Vorhandensein der Bakterien in den ersten Fällen im rollenden Blut nicht vermuten lieſs, so gab dies den Anlaſs zu unbeabsichtigten Weiterverbreitungen der Bakterieninfektion. Im Herzblut gestorbener Tiere fanden sich stets vereinzelte Bakterien, die mikroskopisch sowohl, wie hauptsächlich durch Ausstrich des Blutes auf Agarnährböden nachweisbar waren. Gerade in den mit Alkohol fixierten und

mit Karbolthionin gefärbten Blutpräparaten zeigten die Bakterien eine verhältnismäfsig ausgesprochene Polfärbung.

Zum Schlusse ein kurzer Überblick über die einschlägige Literatur, soweit sie uns zugänglich war.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs unser Stäbchen wegen seiner kulturellen und biologischen Eigenschaften in die Gruppe der hämorrhagischen Septicämien gehört, und dafs es sich durch den pathologisch-anatomischen Befund von dem in erster Linie in Betracht kommenden Erreger der Hühnercholera different erweist.

Während bei der Hühnercholera die oben beschriebenen nekrotischen Funde in Milz, Leber, Nieren bei der Sektion niemals zur Beobachtung kommen, und hauptsächlich die massenhaften Ekchymosen in die serösen Häute (besonders ins Pericard) und hämorrhagische Enteritiden imponieren, haben wir letztere Erscheinungen in keinem Falle feststellen können.

Infektiöse Erkrankungen bei Vögeln, insbesondere bei Kanarienvögeln, beschreiben Rieck[1]) und Kern.[2])

Rieck hebt in seiner Arbeit besonders hervor (S. 77), dafs bei allen seinen Untersuchungen Veränderungen an der Milz nicht beobachtet werden konnten, während wir dieselben meist in nicht zu übersehender Weise stets feststellen konnten. Ferner beschreibt er als ein Hauptmerkmal eine rufsartige Verfärbung an der Hals-, Brust- und Bauchhaut der erkrankten Vögel. Wir konnten diese Erscheinung nicht ein einziges Mal beobachten. Die von ihm gefundenen Stäbchen stimmen in manchen Eigenschaften mit den unsrigen überein, sind aber wegen ihrer »lebhaften Eigenbewegung« nicht identisch mit ihm.

Der von Kern als Erreger einer »Kanariencholera« gefundene Bacillus ist von dem unsrigen in vielem verschieden. Während Kern einen eigenartigen Geruch der Kulturen auf allen Nährböden verzeichnet, konnten wir bei unseren — fast

---

1) Eine infektiöse Erkrankung der Kanarienvögel. Deutsche Zeitschr. f. Tiermedizin, Bd. XV, S. 68.

2) Eine neue infektiöse Krankheit der Kanarienvögel (Kanariencholera). Deutsche Zeitschr. f. Tiermedizin, Bd. XXII, S. 171.

Zusammenstellung der Hauptunterschiede der bisher veröffentlichten ähnlichen Geflügelseuchen.

Autoren	Infektionsmöglichkeit	Sektionsbefund	Biologisches und kulturelles Verhalten
von Wasielewski-Hoffmann.	Für Kanarienvögel, Finken, Goldammer, Sperlinge, Tauben, weiße Mäuse, Meerschweinchen.	Starke Abmagerung, nekrotische Herde in Milz, Leber, Niere. Keine Abscesse.	Keine Eigenbewegung, keine Traubenzuckervergärung. Wachstum auf Kartoffeln, bipolare Färbung.
Rieck.	Bei Meerschweinchen nur Abscesse.	Rußartige Verfärbung der Haut. Normaler Milzbefund.	Lebhaft eigenbeweglich.
Kern.	Nicht infektiös für Tauben. Bei Meerschweinchen nur Abscesse.	Gefäßinjektion der serösen Häute. Punktartige Hämorrhagien im Darmtraktus.	Vergärt Traubenzucker. Keine bipolare Färbung, eigentümlicher, durchdringender Geruch auf allen Nährböden. Keine Eigenbewegung.
Klein. a) Moorhühnerseuche.	a) Nicht infektiös für Tauben.	—	a) Eigenbewegung.
Klein. b) Hühnerseuche.	b) do.	—	b) Kein Kartoffelwachstum.
Lucet.	Nicht infektiös für Tauben (subkutan), nicht infektiös für Meerschweinchen.	—	Kein Kartoffelwachstum.
Cornil und Toupet.	Nicht infektiös für Tauben.	Ekchymosen in seröse Häute. Peritonitis, hämorrhag. Enteritis.	—

1 Jahr alten — Kulturen hiervon nichts bemerken; ferner vergährt, im Gegensatz zu unserem Stäbchem der Kernsche Bacillus Traubenzucker und zeigt keine bipolare Färbung: nur bei ganz alten Kulturen auf erschöpften Nährböden erwähnt Kern, dafs hier und da bald nur das eine, bald beide Enden des Bacillus die Färbung angenommen hätten, worunter keinesfalls eine Polfärbung gemeint ist.

Klein fand bei einer Epizootie der Moorhühner einen dem unsrigen ähnlichen Bacillus, über den er sich anfangs nicht klar war, ob er zu den Kokken oder zu den Bacillen gehört, da er meist sehr viele kokkenähnliche Gebilde und nur vereinzelt kleinste Stäbchen sah, eine Erscheinung, für die wir wohl oben die Erklärung gegeben haben. Wir können den Kleinschen Bacillus nicht mit dem unsrigen für übereinstimmend halten, da er ihn nie aus dem Herzblut züchten konnte; auch erwähnt er nur sein hauptsächliches Vorkommen in Leber und Lunge, nicht in der Milz, deren augenfällige Veränderung — wie in unseren Fällen — ihm sicher nicht entgangen wäre; auch spricht Klein diesem Stäbchen Eigenbewegung zu. Ferner züchtete Klein bei einer Hühnerseuche ein Stäbchen, das aber nicht auf Kartoffeln wuchs und für Tauben nicht infektiös war, sonst aber in manchem dem unsrigen gleicht.

Lucet[1]) fand bei einer epizootischen Dysenterie beim Geflügel einen auch in unsere Gruppe gehörigen Bacillus, der jedoch auch nicht auf Kartoffeln wuchs, und der Meerschweinchen — im Gegensatz zu dem unsrigen — nicht infizieren konnte; er wurde im Blute, der Leber, den Nieren und der Milz gefunden.

Schliefslich erwähnen noch Cornil und Toupet[2]) einen dem Erreger der Geflügelcholera nahe stehenden Bacillus, den sie bei einer seuchenartigen Krankheit der Enten isoliert hatten. Auch hier beherrschten zahlreiche Ekchymosen der serösen Häute hämorrhagische Enteritis das pathologisch-anatomische Bild, was, wie schon erwähnt, wir in unseren Fällen niemals konstatieren konnten; auch war es ihnen nicht möglich — selbst

1) Annales de l'Instit. Pasteur, 1891, Nr. 5.
2) Compt. rend., 1888, Bd. CVI, S. 1717.

nicht mit 2,0 ccm einer Bouillonkultur —, Tauben zu infizieren, wogegen es uns mit 0,5 ccm gelang, die Tauben zu infizieren, so dafs sie unter den spezifischen Krankheitserscheinungen starben.

Es bedarf keiner Erwähnung, dafs eine Ähnlichkeit mit der kürzlich von Ostertag und Wolffhügel[2]) untersuchten »Hühnerpest«, bei der stets ein negativer bakteriologischer Befund erhoben wurde, nicht besteht.

---

1) Monatshefte f. prakt. Tierheilkunde, Bd. XIV, Heft 2.

Über den Nachweis der Tuberkelbacillen im Sputum.

Von

Dr. med. A. Nebel,
Assistent am Institute.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität Leipzig. Dir.: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Fr. Hofmann.)

Die folgenden Beobachtungen und Versuche sind aus einem rein praktischen Bedürfnisse hervorgegangen. Seitdem mit der Errichtung von bakteriologischen Untersuchungsstationen, wie sie an verschiedenen hygienischen Instituten bereits bestehen und wohl noch weiter sich nötig machen werden, die Sputumuntersuchung mehr und mehr aus der Hand des praktischen Arztes in die einzelner Personen übergeht, erscheint es wohl gerechtfertigt, nach einer Methode zn suchen, welche diesen speziellen Verhältnissen ebenso wie den wissenschaftlichen Anforderungen Rechnung trägt.

Nun sind zwar im Laufe der Zeit für die Untersuchung bacillen*armer* Sputa, ganz entsprechend der diagnostischen Bedeutung des Bacillennachweises bei beginnenden Formen der Tuberkulose, eine Reihe verschiedener Anreicherungsverfahren empfohlen worden, aber, wie schon aus ihrer nicht geringen Anzahl sich vermuten läfst, noch keines, welches vollkommen befriedigt.

Da ferner die *Jochmann*sche Methode, die im Gegensatz zu allen übrigen eine wirkliche Vermehrung der im Auswurfe enthaltenen Tuberkelbacillen anstrebt, bei den durch den Transport, durch längeres Aufbewahren oder gar durch Zusatz von

Desinfektionsmitteln stark veränderten Sputen keine Anwendung finden kann, so konnten weitere nach dem Prinzipe der mechanischen Anreicherungsverfahren angestellte Versuche nur dann zu einer zuverlässigen und für die praktischen Zwecke brauchbaren Methode führen, wenn man daran festhielt, dieselbe unter Vermeidung der den früheren Verfahren anhaftenden Mängel und Fehler von vornherein möglichst einfach zu gestalten.

Es war also zunächst die Aufgabe, das zähschleimige, die Tuberkelbacillen in ungleichmäfsiger Verteilung enthaltende Sputum in einfacher Weise in eine dünne, vollständig homogene Flüssigkeit zu verwandeln, eine Aufgabe, die man bereits in sehr verschiedener Weise, auf mechanischem (Amann, van Ketel), fermentativem (Philipp, Spengler) und vor allem auf chemischem Wege (Biedert, Stroschein, de Lannoise und Girard) mit mehr oder weniger Erfolg zu lösen versucht hat. Da bei der Verwendung von Alkalien, wie Natronlauge, die Homogenisierung nur unvollkommen, nur bei Anwendung hoher Hitzegrade und vor allem nicht ohne Schädigung der spezifischen Erreger eintritt, benutzte ich auf Anraten von Herrn Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Hofmann an Stelle der Alkalien die alkalischen Erden, welche ebenso wie jene das Eiweis und den Schleim des Auswurfs in lösliche Verbindungen überführen, ohne dabei irgendwie schädlich auf die Tuberkelbacillen einzuwirken.

Mit Hilfe einer gesättigten Kalklösung, die man sich einfach und äufserst billig aus ungelöschtem Weifskalk herstellen oder auch als aqua calcis aus der Apotheke verschaffen kann, gelingt es in der Tat, nach kurzer Zeit kräftigen Umschüttelns auch die zähesten Sputa zu einer vollkommen homogenen und dünnflüssigen Masse zu verwandeln, zu einer Flüssigkeit, in der die Keime zwar gleichmäfsig aber auch auf ein je nach der Menge des Kalkwasserzusatzes bedeutend gröfseres Volumen verteilt sind.

Eine derartige Verdünnung ist jedoch nicht unbedenklich und überhaupt nur dann zulässig, wenn man sämtliche in der Flüssigkeitsmenge suspendierten Keime wieder auf ein möglichst

kleines Volumen einzuengen vermag. Der Wert, der zu diesem Zwecke empfohlenen Sedimentierungsverfahren wird daher von zwei Faktoren abhängig sein müssen, einmal von dem Verhältnis zwischen den im Sedimente sich ansammelnden und den in der überstehenden Flüssigkeit zurückbleibenden Keimen und dann auch vom Volumen des Sedimentes. Methoden, die wie die van Ketelsche nur einen beschränkten Prozentsatz der Tuberkelbacillen — nach Hempel 42,5% — im Sedimente enthalten oder auch einen Bodensatz liefern, der an Volumen nur wenig kleiner ist als die verwandte Menge des Originalsputums, sind für die Untersuchung bacillenarmer Sputa unzweckmäſsig und unbrauchbar. Die Unzulänglichkeit der bisher geübten Sedimentierungsverfahren wurde wohl deshalb nicht anerkannt, weil man nur immer danach strebte, ein Sediment zu erhalten, weil man dasselbe, ohne auf seinen absoluten Wert zu prüfen, als den wertvollsten Teil ansah und auf dessen Brauchbarkeit schloſs, wenn sich Tuberkelbacillen in ihm überhaupt nachweisen lieſsen. Auf die über dem Sedimente stehende Flüssigkeit wurde meistens nicht geachtet, sie wurde abgegossen und mit ihr der gröſste Teil der im Sputum enthaltenen Keime für die Untersuchung unberücksichtigt gelassen.

Da also weder nach den früheren Methoden eine zuverlässige Sedimentierung zu erreichen war, noch auch die Annahme sich bestätigte, daſs das Kalkwasser vielleicht schon bei Gegenwart geringer Kohlensäuremengen eine spontane Klärung des verflüssigten Sputums herbeiführen werde, so lag es nahe, zur Ausschleuderung der Keime die Zentrifuge zu benutzen. Mit Hilfe der Centrifugalkraft erhält man tatsächlich schon in kurzer Zeit ein Sediment, das gegen das Oberwasser scharf abgegrenzt und fest am Boden sitzend meistens nur $^1/_{10}$—$^1/_5$ des Volumens des Ausgangsmaterials einnimmt, aber keineswegs sämtliche in der Flüssigkeitsmenge suspendierten Tuberkelbacillen enthält. Die Unzulänglichkeit der Wirkung und der Wert des Zentrifugierens für die Sedimentierung von Keimen überhaupt ist einmal daraus ersichtlich, daſs die nach 30 Minuten langem Zentrifugieren über dem Sedimente stehende trübe Flüssigkeit bei wiederholtem Aus-

schleudern auch ihrerseits einen bacillenhaltigen Bodensatz liefert, und dann auch quantitativ dadurch festzustellen, daſs man die Keimzahl des einfach verflüssigten Sputums mit der des Sedimentes und der über demselben stehenden Flüssigkeit vergleicht.

Von verschiedenen nach dieser Richtung ausgeführten Zählungen sei nur eine herausgegriffen: Ein tuberkulöses Sputum wurde mit 10 Teilen Kalkwasser versetzt und nach vollständiger Homogenisierung vermittelst geeichter Platinösen der Zählung unterworfen. Es wurden jedesmal von drei Deckglaspräparaten je 30 Gesichtsfelder gezählt und aus dem Mittel von 90 die Keimzahl für 1 g Originalsputum berechnet. In der gleichen Weise wurden nach 10 Minuten langem Zentrifugieren das Sediment und die über demselben stehende Flüssigkeit untersucht.

1,0 g dieses Sputums enthielt dann berechnet aus:

1. dem einfach homogenisierten Sputum = 53.031200
2. dem Sedimente . . . . = 6.607000
3. der überstehenden Flüssigkeit . . = 45.778000

Tuberkelbacillen.

Wiewohl diese Zahlen nur Mittelwerte darstellen und bei der Technik der Bakterienzählung auf mathematische Genauigkeit keinen Anspruch erheben können, so geben sie doch einmal für die Beurteilung der früheren als Anreicherungsverfahren empfohlenen Methoden einen sicheren Anhalt und dann auch Aufschluſs über den Wert des Zentrifugierens für das Ausschleudern von Keimen überhaupt. Übereinstimmend mit anderen Zählungen enthält nach obiger Angabe das Sediment, da es $^1/_8$ der verwendeten Sputummenge betrug, nicht mehr Keime als ihm seinem Gewichte und seinem Volumen nach zukommt. Von einer wirklichen Anreicherung der Tuberkelbacillen im Sedimente und einem Vorteile des Zentrifugierens kann somit nicht die Rede sein. Damit stimmen auch die Angaben von Menzi und Heim überein. Ersterer benutzt das Zentrifugieren nur dazu, um nach Verreibung von Tuberkelbacillenreinkultur in steriler Bouillon aus dem klaren Oberwasser die Keime in möglichst feiner

und gleichmäfsiger Verteilung auf dem Nährboden zur Aussaat zu bringen. Ebenso gibt Heim an, dafs er in einem absichtlich mit Typhusbakterien versetzten Wasser nach drei Minuten langer Ausschleuderung nicht mehr Keime im Bodensatz bekam als aus der Mitte und von der Oberfläche.

Dafs das Zentrifugieren für die Sedimentierung der Bakterien erfolglos bleibt, ist nur durch die zu geringe spezifiche Gewichtsdifferenz der Keime einerseits, der Flüssigkeit anderseits erklärbar. Der Gedanke, durch Veränderung dieser physikalischen Momente das Ausschleudern der Keime zu erleichtern, liegt daher sehr nahe und verdient wohl auch noch bei andern Flüssigkeiten genauer geprüft zu werden, als es hier mit Rücksicht auf die praktischen Verhältnisse angezeigt erschien. Die Differenz der spezifischen Gewichte kann a priori auf zwei verschiedene Weisen gesteigert werden, entweder dadurch, dafs man das Gewicht der Flüssigkeit erniedrigt, oder auch dadurch, dafs man die Keime selbst belastet. Die Wahl der nach der ersten Richtung hin wirksamen Mittel war dadurch erschwert, dafs nur eine Flüssigkeit Verwendung finden konnte, die spezifisch leicht, in Wasser löslich, für die Keime, speziell die Tuberkelbacillen unschädlich ist und dann auch mit Eiweifs oder eiweifsähnlichen Körper keine unlöslichen Verbindungen eingeht. Der Zusatz von Alkohol in stärkerer Konzentration war daher ausgeschlossen; aber auch andere Mittel, wie Äther und Xylol, führten nicht zum Ziele, da diesen wiederum eine eigentliche Wirkung auf die in der Flüfsigkeit gelösten schleimigen Substanzen zukommt. Wenn man z. B. eine bestimmte Menge des verflüssigten Kalksputums mit $^1/_3$ Volumen Äther oder Xylol durchschüttelt und zentrifugiert, so erhält man einmal ein Sediment und dann eine, je nach dem Schleimgehalte des Auswurfes wechselnd, dicke, schleimig-gallertige Schichte, welche als zusammenhängende, lockere Haut oben auf der noch trüben Flüssigkeit schwimmt. Zur Entscheidung der Frage, ob nun im Bodensatze eine wirkliche Anreicherung der Bakterien eingetreten ist, oder ob nicht vielleicht durch die schleimige Ausfällung die Keime mechanisch an die Oberfläche gezogen werden und so in jener lockeren, bei Ätherzusatz leicht ver-

dunstenden Schicht gewissermaſsen von der Flüssigkeit isoliert vorhanden sind, gibt auch hier wiederum die Untersuchung der Flüssigkeit den sichersten Anhalt. Da dieselbe noch reichlich Tuberkelbacillen enthält, so ist damit einmal bewiesen, daſs der Zusatz von Äther ein vollständiges Ausschleudern der Keime nicht ermöglicht, und dann, daſs auch die einhüllende Wirkung des Äthers oder Xylols, die in der Chemie schon lange bekannt und von Zulkowski zur raschen Abscheidung schleimiger Niederschläge empfohlen worden ist, im vorliegendem Falle keine praktische Verwendung finden kann. Ebenso sind die Versuche, durch Zusatz von Chloroform die fetthaltigen Tuberkelbacillen selbst zu belasten und somit das Ausfallen derselben zu erleichtern, erfolglos geblieben.

Da nach diesen Versuchen das mit Kalkwasser verflüssigte Sputum trotz des Zentrifugierens die Eigenschaft einer Suspension beibehält und eine völlige Trennung der Keime innerhalb der Flüssigkeit bis jetzt unmöglich erscheint, so handelte es sich weiterhin darum, die Flüssigkeit auf irgend eine Weise zu beseitigen, um so sämtliche körperlichen Bestandteile isoliert und auf ein möglichst kleines Volumen eingeengt der Untersuchung zugänglich zu machen.

Der einfachste Weg, die Flüssigkeit durch Verdunstung zu entfernen, ermöglicht allerdings eine gewisse Anreicherung der Keime insofern, als man nach Eintrocknen des Tropfens auf der gleichen Stelle des Deckglases immer von neuem verflüssigtes Sputum aufgeben und somit auf kleiner Fläche trotz der Verdünnung 3—5 mal mehr zur Untersuchung bringen kann als bei Verwendung des Originalmaterials; aber diese Methode hat den Nachteil, daſs mit der Verdunstung die in der Flüssigkeit gelösten Substanzen ausfallen und das mikroskopische Bild stören.

Um nun die Flüssigkeit als solche zu beseitigen, sind physikalisch zwei Möglichkeiten gegeben. Man kann sie entweder durch Filtration oder auch durch Absorption von den Keimen zu trennen suchen. Für beide Methoden konnte naturgemäſs nur ein zuverlässiges, keimdichtes Filtermaterial Verwendung

finden. Da der Ablauf der Filtration aufser vom Filtermaterial auch von der physikalischen Beschaffenheit des verflüssigten Sputums und vom jeweiligen Filtrationsdrucke abhängig ist, so mufsten sämtliche Faktoren beachtet und mit Rücksicht auf die praktische Verwendbarkeit des Verfahrens auch möglichst günstig gestaltet werden.

Die Wahl des Filtermaterials war nach den bei der Wasserfiltration und der Gewinnung von Bakterienstoffwechselprodukten gesammelten Erfahrungen nicht schwer, und die Zuverlässigkeit desselben läfst sich auch im einzelnen Falle sehr leicht und sicher auf kulturellem Wege feststellen. Da andere zu diesem Zwecke angefertigte Tonfilter (Eugen Hülsman-Altenbach b/Wurzen) kein keimfreies Filtrat lieferten, so kamen für die nachfolgenden Versuche nur die sogenannten Berkefeld-Filter zur Verwendung.

Während es bei der Filtermasse weiterhin nur darauf ankommt, Täuschungen durch etwaige Rückstände eines vorher untersuchten Auswurfs mit Sicherheit zu vermeiden sowie die Durchlässigkeit möglichst konstant zu erhalten, d. h. den ausgefallenen kohlensauren Kalk durch Einlegen des Filters in 1—3% Salzsäure wieder zu lösen und dann das in den Poren und auf der Oberfläche zurückgebliebene Eiweifs mitsamt den Keimen durch Ausglühen zu verbrennen, bietet das homogenisierte Sputum selbst als Eiweifslösung für die Filtration nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Wenn nun auch die direkten Versuche, durch Zusatz von Pancreatin das Eiweifs des verflüssigten alkalisch reagierenden Auswurfs in leicht filtrierbare Peptone zu verwandeln, bei dem langsamen Ablaufe des ganzen Prozesses zu keinem praktisch verwendbaren Resultate führten, so liefsen sich doch aus der beim Zentrifugieren des Kalksputums gewonnenen Erkenntnis auch für die Filtration desselben nicht unwesentliche Gesichtspunkte ableiten. Da, wie bereits erwähnt, das durch Ausschleudern erhaltene Sediment nicht mehr Keime, als ihm seinem Volumen und Gewichte nach zukommt, wohl aber sämtliche gröberen Elemente, wie Speisereste, Epithelien u. s. w., enthält, welche die Filtration erschweren, das Volumen des Filter-

rückstandes nachteilig vermehren und die Klarheit des mikroskopischen Bildes beeinträchtigen, so ist es sicher gerechtfertigt, für die Filtration nur die nach ca. 2 Minuten langem Zentrifugieren über dem Sedimente stehende Flüssigkeit zu verwenden, die zwar immer noch ein schwer filtrierbares, aber bei der äufserst gleichmäfsigen Verteilung der Keime selbst in geringen Mengen völlig zuverlässiges Material darstellt.

Bei der Konstanz der beiden ersten für den Ablauf der Filtration wichtigen Faktoren war es weiterhin vor allem die Aufgabe, die zum Filtrieren nötige Kraft in einer Weise zu gewinnen, welche die Handhabung der Methode auch mit relativ einfachen Mitteln gestattet, eine Aufgabe, deren Schwierigkeit noch dadurch gesteigert wurde, dafs man, um den Rückstand auch der Fläche nach möglichst einzuengen, an Stelle der üblichen länglichen Filterkerzen kurze, von oben her teilweise glasierte Filterbecher benutzte, welche aufserdem ein bequemes Verarbeiten des Rückstandes unter Leitung des Auges gestatten. Da die gebräuchlichste Filtrationsmethode durch Absaugen mittels der Wasserstrahlpumpe erst nach Stunden zum Ziele führte und von einer Anwendung der sogenannten Überdruckfilter aus praktischen Gründen abgesehen werden mufste, so wurde es auch hier versucht, die Zentrifugalkraft direkt zum Filtrieren zu benutzen. So sehr dieses Verfahren seiner Bequemlichkeit wegen zur Filtration eiweifsfreier resp. peptonhaltiger Flüssigkeiten, wie Bouillon, Harn u. s. w., Empfehlung verdient, so kann es doch im vorliegenden Falle nicht in Frage kommen, weil ein stundenlanges Zentrifugieren zu viel Kraft und somit zu hohe Kosten beansprucht.

Bei dem Suchen nach einer billigen Kraft mufste man darauf kommen, auch die Absorptionskraft poröser oder hygroskopischer Substanzen für unsern speziellen Zweck zu verwenden. Da es sich hier im Gegensatz zu den früheren Filtrationsmethoden nicht darum handelt, ein Filtrat zu erhalten, sondern das Wesentliche in der Gewinnung eines der weiteren Untersuchung bequem zugänglichen Rückstandes besteht, so war der nächste Gedanke der, an Stelle der zylindrischen Filter, welche nur eine geringe

Masse und somit auch nur ein kleines Porenvolumen darstellen, kompakte, von dem gleichen keimdichten gebrannten Materiale hergestellten Filterklötze zu benutzen, welche eine ihrem Fassungsvermögen entsprechende halbkugelige Vertiefung zur Aufnahme des verflüssigten Sputums besitzen. Trotz der bedeutenden, der Kapillarattraktion analogen Saugkraft derartiger fester trockener Filterklötze wird deren Wert doch dadurch herabgesetzt, dafs bei der gewaltigen inneren Oberfläche die Verdunstung nur langsam eintritt und die zur Erhaltung der Porosität notwendige Beseitigung der zurückgebliebenen Kalk- und Eiweifssubstanzen nicht so schnell und einfach sich vollzieht.

Es lag daher sehr nahe, an Stelle der festen zum gröfseren Teile nur zur Flüssigkeitsaufnahme bestimmten Masse ein lockeres, nach dem Gebrauche leicht durch anderes trockenes ersetzbares Material zu verwenden und zwar derart, dafs man die von Maafsen angegebenen Filterbecher in lockeren Gips einsetzte und letzteren die Flüssigkeit durch die zwischengeschaltene keimdichte Schichte des Filters ab- und aufsaugen liefs.

Diese äufserst einfache und billige Anordnung ermöglicht es tatsächlich, in relativ kurzer Zeit sämtliche körperliche Bestandteile des mit Kalkwasser verflüssigten Sputums von der Flüssigkeit als solcher zu trennen und somit einen Rückstand zu erhalten, der im Gegensatz zu den früheren durch Sedimentierung erhaltenen nach der ganzen Art des Verfahrens eine wirkliche Anreicherung der Keime, speziell der Tuberkelbacillen, aufweisen mufs und tatsächlich aufweist, wie am besten durch die mehrfachen positiven Untersuchungsergebnisse bei Sputen bewiesen ist, bei denen die Durchmusterung selbst mehrerer Deckglaspräparate nicht zum Ziele führte.

Der Gang der Untersuchung ist kurz folgender:

Zunächst werden mehrere gleichmäfsig dünne Deckglaspräparate hergestellt und gleichzeitig in der Weise gefärbt, dafs sie auf einem durchbohrten Korke befestigt und somit schwimmend und in vertikaler Stellung mehrere Minuten der im Wasserbade jederzeit gleichmäfsig temperierten und vor Verdampfung geschützten Karbolfuchsinlösung ausgesetzt werden. Durch diesen

kleinen Kunstgriff werden Überhitzungen, Farbstoffniederschläge und vor allem das lästige Ablaufen der Farblösung mit Sicherheit vermieden.

Falls die Durchmusterung der direkten Ausstrichpräparate zu keinem positiven Resultate führt, wird zur Sicherung der Diagnose stets das obige Anreicherungsverfahren angeschlossen, welches zum Schlusse kurz zusammengefafst sei:

1. In einem weithalsigen mit Gummistopfen sicher verschliefsbaren Gefäfse wird das Sputum mit der 8 bis 10-fachen Menge klaren Kalkwassers versetzt und kurze Zeit kräftig umgeschüttelt.
2. Nach vollständiger Homogenisierung wird das Sputum ca. 2 Minuten lang zentrifugiert. Wenn genügend Kalkwasser zugesetzt ist, erhält man einen kompakten, scharf begrenzten und festsitzenden Bodensatz.
3. Die über dem Sedimente stehende Flüssigkeit wird in einem keimdichten Berkefeld-Filterbecher von ca. 15 ccm Inhalt gegeben, welcher seinerseits in ein mit trockenem lockeren Gipse gefülltes Becherglas eingesetzt ist.
4. Die Zeit der Filtration schwankt je nach der Verdünnung des Sputums: im allgemeinen sind 15 ccm in ca. 2 bis 3 Stunden abgesaugt.
5. Der durch Filtration erhaltene Rückstand wird durch Platinpinsel oder Gummiwischer, eventuell unter Zusatz eines Tröpfchens Wasser aufs Deckglas übertragen und in der üblichen Weise untersucht.
6. Die mit Kalkwasser behandelten Tuberkelbacillen erscheinen nach der gewöhnlichen Färbung im mikroskopischen Bilde als vollkommen gleichmäfsig tingierte, scharf begrenzte, relativ kräftige Stäbchen; ebenso bleiben die weniger resistenten, für die prognostische wie therapeutische Beurteilung des tuberkulösen Prozesses nicht unwesentlichen Keime, wie Streptokokken, Pneumokokken, Staphylokokken, Tetragenus etc. vorzüglich erhalten, wie es an den nach Gram gefärbten Präparaten ersichtlich ist.

7. Die Einfachheit und Billigkeit des Verfahrens läſst es ohne weiteres zu, eine ganze Reihe von Sputen nebeneinander in den mit Gips gefüllten Bechergläsern zum Zwecke der Anreicherung aufzustellen.

Zum Schlusse sei Herrn Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Hofmann für die freundliche Leitung und vielfache Unterstützung der aufrichtigste Dank ausgesprochen.

Literatur.

Jochmann, Hygienische Rundschau, 1900, Nr. 20.
Amann, Zentralblatt f. Bakteriologie, I, Abt. 17, S. 513.
van Ketel, Archiv f. Hygiene, 1892, S. 109.
Philipp, Referat bei Czaplewski: Untersuchung auf Tuberkelbacillen, S. 76.
Biedert, Deutsche med. Zeitung, 1891, Nr. 28, S. 333.
Spengler, Deutsche med. Wochenschrift, 1895, S. 244.
Stroschein, Mitteilungen aus Dr. Brehmers Heilanstalt, 1889, S. 294.
De Lannoise und Girard, Referat in Zeitschrift für Tuberkulose und Heilstättenwesen, Bd. I, Heft 4.
Hempel, Untersuchungen über den Nachweis von Tuberkelbacillen und ihre Zählung im Sputum. Inaug.-Dissert., Leipzig, 1902.
Menzi, Beitrag zur Züchtung und Biologie des Tuberkelbacillus. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., 39, S. 407.
Heim, Lehrbuch der Bakteriologie, S. 531.
Zulkowski, Fresenius, Analyt. Chemie, 25, S. 211.

Über Eismilch.

Von

Dr. **Bischoff,**

Oberarzt im 5. Königl. Sächsischen Infanterie-Regiment »Kronprinz« Nr. 104, kommandiert zum Hygienischen Institut der Universität Leipzig.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Leipzig. Direktor: Herr Geheimrat Prof. Dr. Fr. Hofmann.)

Der Verwendbarkeit der Milch ist eine enge Grenze gesetzt durch die schnelle und leichte Zersetzung, welche sie unter dem Einflufs von Mikroorganismen erleidet. Um diesem leichten Verderben der Marktmilch zu steuern, hat man einerseits gröfseres Gewicht auf eine richtige Stallhygiene und reinliche Milchgewinnung gelegt, anderseits sind zu diesem Behufe aufser chemischen Mitteln, die ja allgemein zu verwerfen sind und nur zur Fälschung dienen, besonders Hitze und auch Kälte zur Anwendung gebracht. Das Verhalten der Milch nach Hitzeeinwirkung ist schon mannigfach untersucht. Über das zahlenmäfsige Verhalten der Keime bei niederen Temperaturen sind mir keine Versuche bekannt geworden bis auf die Angabe Flügges in seinem Grundrifs der Hygiene, dafs auch bei niederen Temperaturen eine gewisse Vermehrung der Bakterien stattfindet, und dafs etwaige pathogene Keime selbst beim Gefrieren der Milch teilweise lebensfähig bleiben. Bei dem Aufschwung, den die Kälteindustrie in letzter Zeit genommen hat und bei dem hohen Wert der Milch als Nahrungsmittel folgte ich gern der Anregung meines allverehrten Chefs, Herrn Geheimrat Dr. Hofmann, einige Versuche und Beobachtungen über das Verhalten der

Milch bei niederen Temperaturen zu machen. Herrn Geheimrat sei an dieser Stelle dafür bestens gedankt, ebenso der Leipziger Aktiengesellschaft für Kühlanlagen, welche mir ihre nach dem bewährten Lindeschen System ganz neu und vollkommen eingerichteten Kühlräume zu allen meinen Beobachtungen in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung stellte.

Es standen mir während meiner Versuche vier verschieden temperierte Räume zur Verfügung:

1. Der sogenannte Wildbretraum zwischen — 3° bis — 7° C. täglich schwankend, ein Raum, wo Wild und Geflügel zur längeren Konservierung aufbewahrt wird.
2. Der Eisvorratsraum, in welchem das nicht sofort verkaufte Kunsteis gelagert wird, mit einer Temperatur zwischen — 1,5 und 0° täglich schwankend.
3. Der sogenannte Butter- und Eierraum, der unter anderem zur Konservierung dieser Nahrungsmittel Verwendung findet und dessen Temperatur dauernd auf + 0,5 bis + 2° C. aufrecht erhalten wird.
4. Der sogenannte Pökelraum, in welchem in grofsen zementierten Behältern von Fleischern Fleisch zum Pökeln eingelegt wird, und in dem die dafür geeignete Temperatur von + 6 bis + 8° C. besteht.'

In allen Räumen wird die Temperatur durch die Verwaltung der Kühlanlagen an den hier befestigten Thermometern zur genauen Betriebskontrolle täglich zweimal fortlaufend abgelesen und notiert. Zur weiteren Feststellung des Temperaturganges während der Nacht beziehentlich während der Schmierpausen der Maschinen wurden von mir in den obigen Räumen Registrierthermometer aufgestellt, welche die Temperatur ununterbrochen auf 0,5° Genauigkeit angaben.

Meine Aufgabe war zunächst, in frisch bezogener Marktmilch, nach Bestimmung der vorhandenen Keimmenge, zu beobachten, wie sich die Entwicklung dieser die Milch rasch verändernden Organismen bei Einwirkung wechselnder, niederer Temperaturen verhält. Die zu diesem Zwecke erforderliche Keimzählung

geschah nach dem im Leipziger Hygienischen Institut üblichen Verfahren:

Die zu untersuchende Milch wurde in sterile Tropfgläschen gefüllt, darauf die Tropfengröfse durch Abtropfen in ein 1 ccm fassendes Mefsgefäfs bestimmt. Von der Milch wurden ein bis zwei Verdünnungen angelegt, je nach der zu erwartenden Keimzahl. Zu diesem Zwecke wurden die Tropfgläschen mit 50 ccm steriler Pepton-Kochsalzlösung (1 % Pepton, 0,5 % Na Cl) vorrätig gehalten. Bei frischer Milch wurde 1 ccm Milch auf 50 ccm Peptonwasser verwendet, bei eingetretener Keimvermehrung weniger, bis herab zu 2 Tropfen. Von dieser I. Verdünnung wurde eine II. Verdünnung angelegt (1 ccm Verd. I bis herab zu 2 Tropfen auf 50 ccm Peptonwasser). Von beiden Verdünnungen wurden bei niedrigen Keimzahlen je 2, bei höheren von Verdünnung I nur 1, dann aber von Verdünnung II 3 Platten gegossen. Vor dem Hineintropfen der bestimmten Tropfenzahl in das Peptonwasser wurde von diesem das gleiche Volumen abgeträufelt, um immer 50 ccm zu behalten. Gegossen wurden Gelatineplatten von neutraler Gelatine mit 1 % Traubenzuckergehalt. Die einzelnen Röhrchen wurden mit 2 Tropfen bis 1 ccm der betreffenden Verdünnung beschickt. Die Platten blieben in Blechdosen bei Zimmertemperatur stehen; die Zählung der Keime erfolgte am 2. bis 3. Tage und zwar bei nicht zu stark besäten Platten mit Hilfe der Lupe, indem jeder gezählte Keim auf der Rückseite der Platte mit Tinte bezeichnet wurde. Bei reichlicherem Wachstum (etwa von 600 Keimen an auf der Platte) wurden 50 Gesichtsfelder, möglichst von allen Teilen der Platte, mikroskopisch gezählt und die Keimzahl der Platte aus der Gesichtsfeldgröfse des Mikroskopes und dem Flächeninhalt der Platte berechnet. Aus der Keimzahl jeder einzelnen Platte wurde nun unter Berücksichtigung der erfolgten Verdünnung die Keimzahl für 1 ccm Milch berechnet und von den sich ergebenden Zahlen der Mittelwert notiert.

Die Zählungen ergaben, wenn alle Platten mit der Lupe gezählt werden konnten, auf 1 ccm Milch berechnet, annähernd gleiche Zahlen; differierten öfters etwas, wenn die Platte der

I. Verdünnung mikroskopisch, die Platten der II. Verdünnung mit der Lupe gezählt werden mufsten. Bei einzelnen sehr hohen Keimzahlen war eine Zählung der von der I. Verdünnung gegossenen Platte auch mikroskopisch unmöglich, so dafs in diesen Fällen die Werte aus den Platten der II. Verdünnung, deren Zählung nur mikroskopisch möglich war, berechnet werden mufsten. — Bei Zählung mit der Lupe wurden übrigens auch die im Gelatineröhrchen auf dem Gelatinerest angegangenen Keime mitgezählt.

Um noch einen anderen Mafsstab für das Verderben der Milch unter der Einwirkung der Keime zu gewinnen, wurde von der frischen wie von der aus den Kühlräumen entnommenen Milch die Säuremenge bestimmt, und zwar wurden zur Säuretitrierung 25 ccm Milch abpipettiert und aufgekocht; als Indikator diente Phenolphthalein, zur Titrierung $^1/_{10}$ Normalkalilauge. Den Säuregehalt drücke ich in meinen Angaben in Milligramm SO_3 pro 100 ccm Milch aus.

Zu den Versuchen diente Milch, die teils aus kleineren Milchgeschäften, teils aus einer Molkerei, teils direkt aus einem Kindermilch produzierenden Kuhstall bezogen wurde. Später ist bei den einzelnen Milchsorten über ihre Herkunft Näheres angegeben.

Um die Milch in geschützter Weise in den Kühlräumen zur Lagerung bringen zu können, verfuhr ich auf verschiedene Art, um etwaige Unterschiede, die durch die Art der Lagerung bedingt wären, erkennen zu können:

1. Die Milch wurde in gewöhnliche Flaschen mit Druckverschlufs, ähnlich den Bierflaschen, von einem halben Liter Inhalt gefüllt, verschlossen und in die betreffenden Kühlräume verbracht (Milch I, II, III). Nach kräftigem Durchschütteln wurden Proben zur Säurebestimmung und Keimzählung durch Abgiefsen entnommen.
2. Die Milch wurde in Milchtransportkannen, wie sie im Handel üblich sind, von etwa 20 l Inhalt in die Kühlräume verbracht (Milch V und VIII). Zur Milchentnahme

aus den Kannen diente ein steriles, an einem sterilen Faden aufgehängtes Tropfglas.

3. Zum Zwecke fortlaufender Beobachtungsreihen wurde die in einer grofsen Flasche gleich eingekaufte Milch kräftig durchgeschüttelt und mittels sterilen Hebers in sterile Medizinfläschchen von 50 g Inhalt abgefüllt. Die Fläschchen waren vorher mit Watte verschlossen und, mit einer Fliefspapierhaube geschützt, eine halbe Stunde im strömenden Wasserdampfe sterilisiert worden. Nach dem Einfüllen wurden sie wieder in gleicher Weise verschlossen und in die Kühlräume verbracht (Milch IV und VI).

I.

Betrachten wir zunächst das Verhalten der Keim- und Säurezunahme in den auf verschiedene Temperaturgrade abgekühlten, aber nicht zur Gefrierung gebrachten Milchsorten.

A.

Um mit dem Verhalten der im Pökelraume bei einer Temperatur von + 6 bis + 8° C. aufgestellten Milchsorten zu beginnen, so zeigen dieselben nur eine äufserst kurze Haltbarkeit, weil die Keimvermehrung nur unerheblich verlangsamt ist, und demzufolge die davon abhängige Säuregerinnung der Milch ziemlich schnell eintritt. Für eine längere Aufbewahrung von Milch können also Temperaturen von + 6 bis + 8° C. nicht in Frage kommen. Die Keimzahlen (in Tausendern) und Säurezahlen ergeben folgendes Bild. Die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Tage seit Aufstellung der Milch an.

I		II		III	
1 050	58 mg SO_3	360	59 mg SO_3	1 500	68 mg SO_3
300 000 (4)	96 —[1])	40 400	74 — (3)	300 000	240 — (4)[1])
		295 000	198 — (7)[1])		272 — (7)[2])
		179 000	250 — (10)		
			294 — (14)[2])		

1) Gerinnt beim Kochen.

2) Spontan geronnen.

B.

Eine nicht unwesentliche Verlängerung der Haltbarkeit der Milch vor Gerinnung sehen wir schon in dem auf + 0,6 bis + 2° C. temperierten Raume auftreten. Um hier nochmals an die Variation der Versuchsanordnung zu erinnern, so wiederhole ich: Milch I, II, III war in Halbliterflaschen aufgestellt, Milch IV in Fläschchen von 50 g Inhalt, Milch V in einer Milchtransportkanne.

Die Keim- und Säurezahlen dieser fünf Milchsorten zeigt folgende Tabelle (Keimzahl in Tausendern):

Nach Tagen	I		II		III		IV		V	
	Keimzahl	mg SO_3	Keimzahl	mg SO_3	Keimzahl	mg SO_3	Keimzahl	mg SO_3	Keimzahl	mg SO_3
0	1 050	58	360	59	1 500	68	158	56	405	70,4
1	—	—	—	—	—	—	113	57,6	2 470	73,6
2	—	—	—	—	—	—	77	57,6	3 925	74,4
3	—	—	4 760	67	—	—	100	62,0	11 350	75,2
4	3 500	62	—	—	160 000	120[1]	—	—	—	—
7	14 700	83	37 000	74.	—	—	155	64,0	14 200	78,0
10	26 000	90[1]	83 000	101[1]	—	—	17 000	67,2	85 000	88,0
14	47 000	178	105 000	110	—	—	133 000	73,6	153 000	108,8[1]
17	64 000	208	481 000	232	—	—	—	—	—	—
21	89 000	245	—	272	—	—	—	—	—	—
25	100 000	268	—	—	—	—	—	—	—	—

1) Gerinnt beim Kochen.

Betrachten wir zunächst die Anfangskeimzahlen der Milchsorten I—V, so erkennt man, dafs derselben Keimzahl nicht der gleiche Säuregrad zu entsprechen braucht: Milch I und III haben fast dieselbe Anfangskeimzahl, während III einen bedeutend höheren Säuregrad aufweist; weiter haben I und II fast dieselbe Acidität, dabei I eine fast dreimal so hohe Keimzahl. Dafs die Acidität direkt von der Keimzahl abhängt, ist ja von vornherein nicht zu erwarten, da ja nicht allein Säurebildner in der Milch vorkommen, und da die Verunreinigung der Milch mit Bakterien auf die verschiedenste Weise und auch zu verschiedener Zeit zu stande gekommen sein kann. Ja gesetzt selbst,

dafs die Milch nur Säurebildner enthielte, oder diese hätten wenigstens die Oberhand, so ist es sehr wahrscheinlich, dafs verschiedene Stämme desselben Keimes unter sonst gleichen Umständen mit verschiedener Energie Säure bilden, ein Faktor, der den Wert der Keimzahl als Mafsstab für Güte und Haltbarkeit der Milch noch mehr herabdrückt. Dafür bleibt der Säuregehalt der beste Indikator, wenigstens bei ungekochter Milch und bei diesen Temperaturen.

Auch bei der längere Zeit aufbewahrten Milch läfst sich kein Anhalt für die direkte Abhängigkeit der Acidität von der absoluten Keimzahl gewinnen; die Zunahme der Acidität hält nicht gleichen Schritt mit der Zunahme der Keime.

Über die Grenze der Acidität, bei welcher die Säuregerinnung der Milch beim Kochen eintritt, geben uns Milch I und V Auskunft: Milch V ist bei 88 mg SO_3 noch nicht geronnen, während Milch I bei 90 mg SO_3 geronnen ist. Nehmen wir die dazwischen liegende Acidität von 89 mg SO_3 als Grenze der Haltbarkeit an, so ergäbe sich für Milch III eine Haltbarkeit von 1—2 Tagen, für Milch I, II und V eine Haltbarkeit von etwa 6—10 Tagen, für Milch IV eine Haltbarkeit von sicherlich über 14 Tagen. Milch I, II und III wurden in einer kleinen Milchhandlung gekauft, und weifs ich ihr Alter vor der Aufstellung nicht anzugeben, Milch V sollte nach Angabe der Molkerei vom Abend vorher stammen, Milch IV wurde aus einem hiesigen Kuhstall, der Kindermilch produziert, direkt nach dem Melken geholt und etwa 4 Stunden darauf in den Kühlräumen aufgestellt. Die offenbar frischeste Milch zeigt also das günstigste Verhalten, eben weil sie sehr schnell nach ihrer Gewinnung, also sicherlich noch im sogenannten Inkubationsstadium der Bakterienentwicklung aufgestellt wurde. Nach der Acidität zu schliefsen, müssen wir dies aber auch von Milch I und II annehmen, die jedoch nur eine halb so lange Haltbarkeit zeigt. Ein beachtenswerter Grund für die längere Haltbarkeit von Milch IV im Vergleich zu Milch I und II ist mit hoher Wahrscheinlichkeit in einer reinlicheren Milchgewinnung zu suchen, in einem Kindermilchstalle, der unter städtischer Kontrolle steht.

Den Hauptgrund sehe ich jedoch in der Versuchsanordnung. Selbstverständlich kann bei einer Aufstellung in kleinen Fläschchen die Durchkühlung des ganzen Milchquantums viel schneller erfolgen als in den gröfseren Flaschen oder gar in der Milchkanne. Wie wichtig die Schnelligkeit der Durchkühlung ist, ersieht man daraus, dafs bei Milch IV in den ersten Tagen sogar eine Keimverminderung hervortritt, die man bei Milch V nicht beobachten kann. Offenbar erfolgt in dem grofsen Milchgefäfs die Durchkühlung zu langsam, so dafs vorher noch eine Keimvermehrung stattfindet. Haben sich die Keime der kälteren Temperatur angepafst, setzt eine fortschreitende Vermehrung ein. Die Schnelligkeit der Durchkühlung ist aufser von dem Quantum noch abhängig von der Temperatur der Milch, die sie zur Zeit der Aufstellung zeigt. Milch II und V hatten bei der Aufstellung eine Temperatur von 18° C., Milch III, die an einem sehr heifsen Tage aufgestellt wurde, eine Temperatur von 28° C. Da naturgemäfs längere Zeit dazu gehört, eine wärmere Milch bis zur Temperatur des Raumes abzukühlen als eine schon kühlere, so haben die Keime längere Zeit eine für ihre Vermehrung günstigere Temperatur zur Verfügung und führen dementsprechend schneller die Säuregerinnung herbei.

Während ich oben als Grenze der Säuregerinnung beim Kochen eine Acidität von 89 mg SO_3 angeben konnte, trat die Spontangerinnung in den Kühlräumen relativ spät ein. Brachte ich die in die Tropfgläschen abgefüllte Milch in das ziemlich warme Maschinenhaus, wo zur Keimzählung die Platten gegossen wurden, so konnte ich aus den Tropffläschchen noch abtropfen, ohne durch Gerinnsel gestört zu werden. Doch schon nach kurzer Zeit trat eine flockige Gerinnung ein. Manche Milchproben, die dann vor der Säurebestimmung aufgekocht wurden, gerannen bereits nach kurzer Erwärmung, andere erst kurz vor dem Aufkochen resp. durch das Kochen. Es besteht mithin bei der Gerinnung ein Zusammenhang zwischen Säuregehalt und Temperatur, wie ja auch von Conradi[1]) für die Kaseinfüllung

1) Münchner med. Wochenschrift, 1900, S. 176.

durch Na_2CO_3 ein Zusammenhang zwischen Temperatur und Na_2CO_3-Gehalt nachgewiesen ist.

Der Geschmack der Milch bleibt die erste Zeit derselbe wie bei der Aufstellung. So behielt Milch IV ihren guten normalen Milchgeschmack 3 Tage lang unverändert, während dann ein fettigranziger Beigeschmack auftrat. Später wird die beginnende Säuerung erkennbar bis zu stark sauerem Geschmack.

C.

Eisvorratsraum zwischen — 1,5 und 0° C. täglich regelmäfsig schwankend.

In diesem Raume waren zwei Milchsorten aufgestellt (Milch IV und VI) und zwar in Fläschchen von 50 g Inhalt. Bei dem erwähnten regelmäfsigen Temperaturgange war die Milch in den Fläschchen nie gefroren, obwohl ja der Gefrierpunkt der Milch nach Winter[1]) zwischen —0,55 und 0,57° liegt. Es ist also hier die niedrigste Temperatur auf die Milch zur Einwirkung gekommen, bei der die Milch nicht in den fest gefrorenen Zustand übergeht.

Die Keimzahlen (in Tausendern) und die Säurezahlen zeigen folgendes Verhalten:

Tage	Milch IV		Milch VI	
	Keimzahl	mg SO_3	Keimzahl	mg SO_3
0	158	56,0	200	64,0
1	82	58,0	158	64,0
2	77	58,0	178	65,6
3	53	60,0	299	67,2
4	—	—	900	67,2
7	25	61,0	19 770	70,4
10	76	62,0	—	—
14	1 956	66,0	260 000	72,0
21	—	—	770 000	73,2[2])
8 Wochen	750 000	220,0[2])	—	—

2) Gerinnt beim Kochen.

Die Milch zeigt also im wesentlichen dasselbe Verhalten wie im Butter- und Eierraum; nur führt die schon dort bei

1) Winter, Molkereizeitung, Berlin, 1896, S. 64.

Milch IV hervorgetretene Keimverminderung zu niedrigeren Zahlen und hält länger an; nach 6 Tagen ist die niedrigste Zahl erreicht, nach weiteren 8 Tagen jedoch die ursprüngliche Keimzahl schon reichlich auf das Zehnfache angewachsen. Auch die Acidität steigt in flacherer Kurve, so dafs sich also eine verlängerte Haltbarkeit für Milch IV ergäbe. Milch VI bietet in sofern ein etwas verschiedenes Verhalten, als bei ihr die Keimverminderung nur für kurze Zeit hervortritt, was sich wohl zum Teil daraus erklärt, dafs die Milch beim Aufstellen nicht mehr ganz frisch war, zum andern Teil daraus, dafs sich in ihr andere, widerstandsfähigere Keime in der Überzahl befanden. Eine weitere Eigentümlichkeit bietet der niedrige Säuregrad, bei dem die Gerinnung eintritt. Offenbar hat hier eine andere Bakterienflora die Oberhand gewonnen und ihrerseits durch Fermentbildung die Gerinnung unterstützt, was auch der bittere Geschmack der Milch wahrscheinlich macht, der beim Aufstellen noch nicht hervortrat. Ob diese Milch etwa vorher seitens der Molkerei, von der sie bezogen war, pasteurisiert war und dadurch ein Überwuchern der Bakterien der bitteren Milch über die Säurebildner begünstigt worden ist, konnte ich nicht in Erfahrung bringen.

Gleich zusammenfassen will ich das Verhalten der gekochten Milch, die im Butter- und Eierraum einerseits und im Eisvorratsraum anderseits aufgestellt war, da sie in beiden Räumen ganz dasselbe Verhalten zeigte. Milch IV und eine neue Milch VII wurden nach dem Abfüllen in sterile Medizinfläschchen von 50 ccm Inhalt 10 Minuten lang im strömenden Wasserdampf sterilisiert. Die schon mehrfach erwähnte Milch IV hatte ungekocht einen Anfangskeimgehalt von 158000 Keimen, Milch VII von 32 Millionen bei einer Acidität von 75 mg SO_3 und bot einen unangenehmen heuähnlichen Beigeschmack. Am 25. VII. 02 war die im Eisvorratsraum aufgestellte gekochte Milch IV gefroren; das Registrierthermometer notierte als niedrigsten Stand am 24. VII. eine Temperatur von $-2{,}3^{0}$ C. Wie schon oben erwähnt, war die unmittelbar daneben stehende ungekochte Milch IV, die sich also in gleichen Gefäfsen befand, unter den gleichen Verhältnissen nicht gefroren. Die Acidität der ungekochten betrug am

25. VII. 66 mg SO_3, die der gekochten 54 mg SO_3. Da nach Winter die Säuerung den Gefrierpunkt herabdrückt, so mufs man annehmen, dafs dies der Grund für das verschiedene Verhalten der beiden Milchsorten sei. Es ist aber auch zu erwägen, ob nicht die in der gekochten Milch befindlichen Albumingerinnsel als körperliche Elemente die Eisbildung wesentlich beförderten, während diese in der homogenen ungekochten Milch fehlten.

Gelatineplatten, die mit 2—5 Tropfen Milch besät waren, blieben steril; auch nach 14 tägigem Stehen der Milch gingen keine Keime an. Milch IV zeigte noch den süfslichen Kochgeschmack unverändert. Bei einer erneuten Untersuchung nach 12 Wochen war der Geschmack unangenehm süfslich, die Acidität war unverändert, die angelegten Platten blieben steril. Von Milch VII waren die übrig gebliebenen fünf Fläschchen geronnen und zwar zeigte sich an der Milchoberfläche eine weifse krümelige Schicht, in der Mitte grünlichgelbe Flüssigkeit, am Boden des Gefäfses gelblichweifse flockige Massen; der Geschmack war unangenehm kratzig beifsend. Eine Keimzählung unterblieb, weil sie wegen der Gerinnsel doch keine verläfslichen Resultate gegeben hätte. Während also Milch IV gekocht längere Zeit zu konservieren war, war das bei Milch VII nicht möglich, wahrscheinlich wegen einer widerstandsfähigeren Bakterienflora.

II.

Eismilch.

Während in den bisherigen Beobachtungen die Milch dauernder Kälteeinwirkung ausgesetzt war, jedoch ohne zur Gefrierung gebracht worden zu sein, wurde sie jetzt in dem — 3° bis — 7° C. temperierten Wildbretraum zur festen Gefrierung gebracht. Und zwar wurde eine etwa 20 l fassende Milchtransportkanne zur Aufstellung gebracht, um hieran den Gang des Gefrierens und die Schnelligkeit der Durchkühlung verfolgen zu können. Die Milch sollte früh gemolken sein und wurde noch an demselben Vormittage aufgestellt. Sie bot eine Anfangskeimzahl von 3 125 000 Keimen und eine Acidität von 61 mg SO_3.

In der Mitte der Milchkanne wurde zur Kontrolle der Durchkühlung ein Thermometer aufgehängt. Die Temperatur der Milch betrug beim Aufstellen 18° C., nach 6 Stunden war eine Abkühlung bis 12° C., nach 11 Stunden bis + 1° C. eingetreten. Nach 24 Stunden war die Oberfläche mit einer dünnen Eisscholle bedeckt; das Thermometer zeigte — 1° C.: an den Wandungen der Kanne fühlte man mit dem Thermometer knirschende Schneemassen. Aus der Mitte wurde mit einem an einem sterilen Faden gebundenen Tropfgläschen Milch zur Keimzählung und Säurebestimmung entnommen. Nach 48 Stunden hatte sich auf der Milch erneut eine Eisscholle gebildet, nach deren Durchbrechung wieder Milch aus der Mitte, da dieselbe noch nicht gefroren war, entnommen werden konnte. Das in diesem ungefrorenen Teil der Milch hängende Thermometer zeigte — 3° C. Nach 3 Tagen war noch eine fünfmarkstückgroſse Fläche ungefroren, aus der wieder Milch entnommen wurde. Nach 6 Tagen fand ich die Milch so fest gefroren, daſs das Thermometer nicht herausgezogen werden konnte. Die Mitte der Oberfläche zeigte sich pilzkuppenförmig vorgewölbt, bot buttergelbes Aussehen und fühlte sich wie Butter an.

Die jeweils aus der Mitte entnommene Milch ergab folgende Keimzahlen in Tausendern und folgende Acidität:

Milch VIII

Tage	Keimzahl	mg SO_3
0	3130	61,0
1	3125	68,0
2	659	72,0
3	563	88,0.

Nach 6tägigem Aufenthalt der Milch in dem Gefrierraum wird die Milchkanne zum Zwecke des Auftauens in Wasser von ca. 80° C. gestellt. Das Auftauen erfolgt selbstverständlich vom Rande her und von unten. Dabei lösen sich jedoch auch von der Oberfläche gelbe, butterähnliche Fettklümpchen ab, die in der aufgetauten Flüssigkeit herumschwimmen. Nachdem so weit abgetaut ist, daſs der restierende Eisklumpen durch die Öffnung

der Kanne geht, wird er herausgenommen. Er zeigt eine unregelmäſsig rauhe Oberfläche mit zahlreichen seichten Rillen, die den Eindruck machen, als sei zwischen den Eiskristallen etwas (vielleicht das Fett und Kasein) mechanisch eingeschlossen gewesen und beim Auftauen schneller abgeflossen. Beim Zerschneiden des Eisklumpens erweisen sich die Randteile ziemlich spröde, so daſs Eiskristalle abspringen; nach der Mitte zu dringt das Messer viel leichter in die viel weicheren Massen ein. Auf dem Durchschnitte kann man einen bläulichweiſsen Rand erkennen, von dem aus die Farbe, mit Hellcreme beginnend, nach der Mitte zu in ausgesprochenes Buttergelb übergeht. Von dem bläulichweiſsen Rande reichen auch einige Spangen palmettenartig in die gelbe Mitte hinein. Wie also schon aus der Besichtigung zu erkennen, findet durch das Gefrieren eine vollständige Entmischung der Milch statt, die auch Siegfeld[1]) schon untersucht hat. Zunächst rahmt die Milch auf, so daſs also der eine Teil des Milchfettes sich an der Oberfläche befindet. Zum andern gefriert nicht die Milch als Ganzes, sondern von den Rändern der Kanne her, wo die Abkühlung durch Leitung zuerst erfolgt, gefriert das Wasser aus der Milch heraus, hin und wieder Bestandteile der Milch zwischen den Eismassen mechanisch einschlieſsend, während die konzentrierter werdende Lösung der Milch nach der Mitte zu gedrängt wird. Dies spricht sich erstens in dem schon bei bloſser Besichtigung festzustellenden höheren Fettgehalt des gelben Kernes des Milcheises aus. Zweitens findet die zunehmende Acidität darin ihre Erklärung, daſs durch das Ausfrieren des Wassers in der Mitte eine konzentriertere Lösung der saueren Salze der Milch auftreten muſs. Natürlich ist, wie auch die Säurezahlen der Milch VI weiter unten zeigen werden und wie auch die Abnahme der Keime zeigt, nicht an eine bakterielle Säureproduktion zu denken. Auch erklärt es sich aus der Acidität, daſs die Milch hier als konzentriertere Salzlösung in der Mitte bei — 3° C. noch nicht gefroren ist, ein Umstand, der für eine praktische Verwertung der Milch-

1) Siegfeld, Molkereizeitung, Hildesheim, 1899, S. 491.

gefrierung von hoher Bedeutung sein mufs. Denn je gröfser das Milchquantum, das man gefrieren will, ist, desto konzentrierter wird der in der Mitte verbleibende Teil werden, eine desto niedrigere Temperatur mufs man anwenden, um diesen letzten Rest zum Gefrieren zu bringen. Dies bildet also den Hauptgrund für das schwierige Durchfrieren, weniger die erschwerte Leitung der Kälte durch die bereits gefrorene Milch. Es ist also unökonomisch und unvorteilhaft, grofse Milchquanten durchfrieren zu wollen, eine Schwierigkeit, die Ingenieur Bernstein[1]) durch Einsetzen eines Rohres in die Mitte der Milch zu überwinden versucht hat.

Auf die Keimzahlen der Milch VIII vermag ich keinen grofsen Wert zu legen, da sie uns ja kein Bild von dem Verhalten einer vollständig durchfrorenen und gleichmäfsigen Milch geben können. Um die Keimzahlen in vollständig und rasch durchgefrorener Milch zu ermitteln, wurde Milch VI in 15 Medizinfläschchen von 50 g Inhalt aufgestellt. Schon nach einem Tage war die Milch darin fest gefroren, ohne dafs ein einziges Fläschchen zersprungen wäre. In allen Fläschchen zeigte sich oben eine gelbliche undurchsichtige Schicht aufgerahmten resp. herausgetriebenen Milchfettes, der untere Teil hatte das Aussehen von durchscheinendem grünlichem Milchglas und zeigte Eiskristalle wie Eisblumen an gefrorenen Fensterscheiben. Die Keimzahl (absolute Zahlen) und Acidität zeigt folgendes Verhalten:

Milch VI.

22. IX.	200000	64 mgr SO_3			
23. IX.	105500	62,4 »	»		
24. IX.	72300	62,4 »	»		
25. IX.	62000	64,0 »	»		
26. IX.	46400	64,0 »	»		
29. IX.	44600	64,0 »	»		
6. X.	40500	62,4 »	»		
13. X.	30300	61,8 »	»		Flöckchen
27. X.	22500	61,8 »	»	reichlich	»
10. XI.	14200	60,2 »	»	»	»

1) Molkereizeitung, Hildesheim, 1901, S. 310 u. 398.

Von den Aciditätszahlen, die einen wechselnden Säuregehalt angeben, möchte ich glauben, dafs sie innerhalb der Fehlergrenze der Methode schwanken, wenn man berücksichtigt, dafs die Zahlen das Vierfache eines etwaigen Titrationsfehlers angeben. Es ist auch möglich, dafs sich infolge Flöckchenbildung besonders bei den letzten Zahlen durch Abpipettieren eines ungleichen Milchgemisches ein Fehler eingeschlichen hat. Eine wirkliche Abnahme des Säuregehaltes vermöchte ich nicht zu erklären.

Zum Plattengiefsen wurde die Milch in einem Wasserbade von 20—30° unter häufigem Umschütteln aufgetaut. In den ersten Tagen machten sich nur spärliche Flöckchen bemerkbar, die das Abtropfen aus den Tropfgläsern nicht störten. Die Flöckchen nahmen stetig zu, bis nach knapp 4 Wochen die aufgetaute Milch fast wie geronnen aussah. Beim Abtropfen verstopften sich jetzt die Tropfgläser, so dafs die Tropfengröfse sehr variierte und die letzten Keimzahlen deshalb nicht verläfslich sind. Soviel läfst sich jedoch mit Sicherheit aus den Zahlen entnehmen, dafs zu Anfang eine erhebliche Abtötung der Keime stattfindet, und dafs dann keine Vermehrung der übrig gebliebenen statthat.

Verhalten der längere Zeit gefrorenen Milch.

Wie schon mehrfach erwähnt, erfährt die Milch durch das Gefrieren tiefgreifende physikalische Veränderungen. Um davon ein genaueres Bild zu bekommen, wurden 10 Halbliterflaschen Milch aufgestellt und in kurzen Zwischenräumen aus den Kühlräumen entnommen. Die gefrorene Milch zeigte eine scharf abgesetzte Rahmschicht und einige Flaschen in der Mitte der Oberfläche eine flache Hervorwölbung. Am Boden der Flaschen waren mehr oder weniger bräunliche Massen zu sehen, augenscheinlich zu Boden gesunkener Milchschmutz. Die Milch wurde abends aus dem Kühlraum entnommen und ins warme Zimmer gebracht, wo sie früh bei ruhigem Stehen aufgetaut war. Die ersten Tage zeigte sich, auf der Oberfläche schwimmend, die krümelige Rahmschicht. Nach 14 Tagen traten aufser den oben schwimmenden krümeligen gelben Massen am Boden, etwa ein

Drittel des Inhalts einnehmend, lockere weifsliche Flöckchen auf. Die Milchflüssigkeit zwischen diesen beiden Schichten hatte ein gelbliches Aussehen und war durchscheinend. Einige Male schwammen an der Oberfläche nur wenige am Rande der Flasche hängen gebliebene Gerinnsel, während sonst alles zu Boden gesunken war. Wurde die Milch durchgeschüttelt, so trat darnach nie wieder eine so starke Entmischung ein, dafs die Milchflüssigkeit durchsichtig erschienen wäre. Ein Versuch, die Milchflüssigkeit von den Flöckchen durch Filtrieren zu trennen, scheiterte daran, dafs die Flüssigkeit äufserst langsam filtrierte, und dafs das wenige Filtrat, nach dem weifslichen Aussehen zu schliefsen, wahrscheinlich schon wieder gelöste Bestandteile enthielt.

Wir sehen also zweierlei von einander zu unterscheidende Veränderungen in der gefrorenen Milch auftreten.

1. Zunächst zeigt sich eine Entmischung der gefrorenen Milch dadurch, dafs das Fett durch das Gefrieren fest wird und auch nach dem Auftauen bleibt, so dafs nicht ohne weiteres wieder eine homogene Fettemulsion entsteht. Auch durch kräftiges Schütteln läfst sich nicht eine vollständige Verteilung des Fettes bewirken. Wird jedoch die Milch nur gering erwärmt, so zerfallen die Fettklümpchen wieder in kleine Tröpfchen und man erhält eine völlig gleichartige, unveränderte Milch, die einen guten süfslichen Geschmack darbietet.
2. Die zweite Erscheinung der Flöckchenbildung tritt in der ersten Zeit nicht auffällig hervor und ist nur dann zu bemerken, wenn man die aufgetaute Milch auf eine Glasplatte in dünner Schicht ausgiefst. Je länger die Milch gefroren ist, um so reichlicher scheiden sich die Flöckchen ab, so dafs sie schliefslich bei einer 3 Monate lang gefroren gewesenen Milch nach dem Auftauen einen flockigen Bodensatz bildeten, der sich nach dem Umschütteln bald wieder abzusetzen strebte. Während die eben beschriebenen Fettklümpchen sich leicht auflösten, zeigen diese Flöckchen ein verschiedenes Ver-

halten je nach der Länge der Zeit, während der die Milch gefroren war. Die nach 14tägigem Gefrieren aufgetretenen Flöckchen lösten sich zum gröſsten Teil nach halbstündigem Erwärmen der Milch auf 65°, während bei Erwärmen bis 37° resp. 25° und fünfstündigem Halten bei diesen Temperaturen sich noch keine Abnahme der Flöckchen bemerkbar machte. Durch Aufkochen der Milch im Wasserbade lösten sie sich sofort, was sich auch darin aussprach, daſs die aufgekochte Milch schnell durch ein Flieſspapierfilter durchlief, während sie, frisch aufgetaut, nur äuſserst langsam filtrierte. Später, nach etwa 4wöchigem Gefrieren, gelang es schon nicht mehr, durch Aufkochen alle Flöckchen in Lösung zu bringen, ja bei einer 3 Monate lang gefrorenen Milch blieb der gröſste Teil auch nach längerem Kochen ungelöst.

Um nun die zu Boden gesunkenen Flöckchen zur Untersuchung zu bekommen, wurde die überstehende Flüssigkeit samt der oberen Rahmschicht abgesaugt und der Rest in Zentrifugengläser gebracht und 10 Minuten lang mittels elektrischer Zentrifuge zentrifugiert. Es zeigte sich, daſs sich dadurch die Milch wieder in 3 Teile geschieden hatte: obenaufschwimmend eine ziemlich fest zusammenhängende, hautähnliche, gelbliche Fettschicht, in der Mitte weiſse, milchähnliche Flüssigkeit, am Boden die Flöckchen, die sich fest zusammengesetzt hatten. Nach Entfernen der aufschwimmenden Fettschicht und Absaugen der Flüssigkeit wurde der Bodensatz mit einem Glasstäbchen tüchtig verrührt, um zur Untersuchung möglichst gleiches Material zu bekommen. Zwei Proben davon wurden zur Bestimmung des Wassergehalts in einem Porzellaniegel bei 100° C. getrocknet, bis keine Gewichtsabnahme mehr eintrat. Davon wurde ferner der Glührückstand bestimmt. Von zwei weiteren Proben wurde der N-Gehalt nach Kjehldal bestimmt und daraus durch Multiplikation mit 6,37 der Eiweiſsgehalt berechnet. Aus zwei anderen Proben wurde das Fett mittels des Soxhlet-Apparats extrahiert und

gewogen. Es ergab sich als Mittel aus den beiden Kontrollversuchen:

Wasser . . .	71,72 %
Eiweifs . . .	13,85 »
Fett	10,28 »
Glührückstand	1,85 »
Rest	2,30 »

auf Trockensubstanz berechnet:

Eiweifs . . .	48,97 %
Fett	36,35 »
Glührückstand	6,54 »
Rest	8,13 »

Um zu sehen, ob sich das mit den Flöckchen zu Boden gerissene Fett durch wiederholtes Zentrifugieren von den Flöckchen trennen lasse, wurde eine zweite Bestimmung an dem Bodensatz einer 6 Wochen lang gefroren gewesenen Milch ausgeführt und zwar wurde nach dem Auftauen die oberste Fettschicht sorgfältig abpipettiert, der Rest in zwei Zentrifugengläser gefüllt. Nach 5 Minuten langem Zentrifugieren hat sich, wie schon oben beschrieben, ein zusammenhängendes Häutchen gebildet. Dieses wird entfernt, der Bodensatz mit einem Glasstab mit der überstehenden Flüssigkeit verrührt und von neuem zentrifugiert. Es bildet sich abermals ein Fetthäutchen, das wieder entfernt wird. Dies Verfahren wurde viermal wiederholt, um möglichst viel Fett zu entfernen. Die Analyse ergibt aus zwei Kontrollproben im Mittel:

Wasser . .	76,46 %
Eiweifs . .	12,32 »
Fett . . .	7,11 »
Glührückstand	1,67 »
Rest . . .	2,44 »

auf 23,54 Trockensubstanz prozentual berechnet:

Eiweifs . .	52,34 %
Fett . . .	30,20 »
Glührückstand	7,09 »
Rest . . .	10,37 »

Es ist also durch obige Maſsnahme gelungen, nur einen kleinen Teil des Fettes aus dem Flöckchenniederschlag zu entfernen.

Um auch ein mikroskopisches Bild von der gefrorenen Milch zu bekommen, wurde mit einer starken Platinnadel eine Spur Milcheis entnommen, in ein Tröpfchen Wasser gebracht und vor zu starkem Druck des Deckglases durch eine untergelegte Borste geschützt. Man sieht rundliche oder auch rollenförmige oder unregelmäſsig plattenförmige Klümpchen, die aus glänzenden, stark lichtbrechenden Fettkügelchen bestehen. (Kleinere ähnliche Gebilde kommen übrigens schon in frischer Milch vor.) In der zwischen denselben auftauenden Flüssigkeit schwimmen kreisrunde, aber auch deformierte, zackige und eingebuchtete Fetttröpfchen, die schon von Soxhlet[1]) als Druckerscheinungen des gefrierenden Eises beschrieben sind. Manchmal macht es den Eindruck, als ob mehrere Fettkügelchen aneinander kleben, ohne daſs man zwischen ihnen eine Trennungslinie erkennen kann. Anderseits treten auffällig groſse kreisrunde Tropfen auf, die man sich durch Zusammenflieſsen verklebter Milchkügelchen entstanden denken kann. Durch Druck auf das Deckglas kann man, wenn sich das Präparat noch nicht stark erwärmt hat, Bilder erzeugen, die ein unregelmäſsiges höckriges Aussehen des Fettes zeigen, was besonders an mit Sudan III gefärbten Präparaten hervortritt. Zwischen den zu Häufchen resp. Flöckchen verklebten Fettkügelchen glaubt man manchmal am ungefärbten Präparate eine Zwischensubstanz zu sehen. Zusatz von stark verdünnter, rein wäſsriger Methylenblau- oder Fuchsinlösung (Grübler & Co.) läſst in den Flöckchen zwischen den Fettkügelchen eine feinkrümelige Substanz erkennen. Es kann das jedoch nicht als Beweis dafür gelten, daſs sich zwischen den Fettkügelchen ausgefülltes Kasein befindet, wie nachfolgender Versuch erweist:

Ich stellte mir durch Ausschütteln mit Chloroform eine vollständig fettfreie Milch her; die mit Chloroform versetzte Milch

1) Soxhlet, Die Landwirtschaftliche Versuchsstation, 1876, S. 149.

blieb zunächst stehen, bis sich am Boden eine ziemlich feste Fettchloroformschicht niedergesetzt hatte, darauf wurde abpipettiert und das Ausschütteln mit Chloroform solange fortgesetzt, bis eine milchglasähnliche, durchscheinende Flüssigkeit übrig blieb, die im mikroskopischen Bilde keinerlei geformte Elemente wie Fettkügelchen ergab. Das Chloroform wurde dann durch Aufkochen und das dabei gerinnende Albumin durch Abfiltrieren entfernt. Brachte ich einen Tropfen dieser Milch unter ein Deckglas und liefs die Farbflüssigkeiten längs einer Borste, die unter dem Deckglas lag, zufliefsen, so traten an der Berührungsstelle sowohl bei Zusatz von Fuchsin als auch von Methylenblau reichlich krümelige Gerinnsel auf, die mit fortschreitender Mischung beider Flüssigkeiten zunahmen. Durch die Färbung ist es also nicht zu entscheiden, ob Eiweifs tatsächlich in den Flöckchen ausgeschieden ist oder ob es nur mechanisch zwischen den verklebten Fettkügelchen festgehalten wird, die damit belastet zu Boden fallen. — Um dieser Frage näher zu treten, wurde aus der Milch, wie oben beschrieben, durch Chloroformzusatz das Fett entfernt und diese Milch dann, allerdings ohne das überschüssige Chloroform durch Kochen entfernt zu haben, da ich sonst das Albumin mit entfernt hätte, in den Gefrierraum aufgestellt. Nach 14 Tagen zeigten sich nach dem Auftauen keinerlei Flöckchen; die Milch wurde erneut aufgestellt und nach weiteren 3 Wochen traten beim Auftauen zahlreiche Gerinnsel auf, die sich während des Auftauens langsam zu Boden setzten. Die Flöckchen zeigen die Form unregelmäfsig vieleckiger, platter Schollen von anscheinend homogener Struktur, zum Teil mit Fältelungen. Wenn nun auch hiernach eine wirkliche Ausscheidung von Milcheiweifs stattzufinden scheint, so kann man doch dagegen einwenden, das Chloroform habe verändernd auf die Eiweifskörper der Milch eingewirkt. Und folgender Versuch läfst daran denken. Versetzt man nämlich eine wie oben fettfrei gemachte und verdünnte Milch mit etwa gleichen Teilen Chloroform und schüttelt kräftig durch, so sieht man nach kurzem Zentrifugieren den oberen Teil des Zentrifugenglases mit gelblicher, transparenter Flüssigkeit, den unteren

Teil mit einer schaumigen Masse erfüllt, die nach dem Abgiefsen der oberen Schicht nicht aus dem Gefäfs heraustropft. Bisweilen tritt unter dieser schneeigen Schicht noch eine schmale durchsichtige Zone auf. Wenn also auch hierdurch ein einwandsfreier Beweis noch nicht erbracht ist, so bleibt es doch allein schon aus der Analyse höchst wahrscheinlich, dafs nach längerem Gefrieren tatsächlich eine Ausfällung von Milcheiweifs stattfindet.

Was den Geschmack der gefrorenen Milch betrifft, so tritt so lange als die Flöckchenbildung noch nicht erheblich ist, also etwa die ersten 14 Tage, ein süfslicher Beigeschmack hervor, der auch in der gekochten Milch nicht ganz verschwindet. Später schmeckt die Milch bei stärkerer Flockenbildung wäfsrig, bekommt aber nach dem Aufkochen wieder annähernd normalen Milchgeschmack.

Noch möchte ich das Verhalten einer vor dem Gefrieren aufgekochten Milch erwähnen, welche insofern ein abweichendes Bild bot, als nach dem Auftauen und erneutem Aufkochen ein Teil des Fettes als gelbe Fettaugen auf der Milch obenauf schwamm, eine Fettausscheidung, auf die Renk[1]) bei sterilisierter Milch aufmerksam gemacht hat. Hieraus ergibt sich, dafs gekochte Milch für das Gefrieren ungeeignet ist.

Welche Folgerungen dürfen wir nun aus diesen Versuchen für eine praktische Verwertbarkeit ziehen?

Wenn wir, auch ohne dafs die Milch zur Gefrierung gebracht wurde, schon eine Verlängerung der Haltbarkeit gesehen haben, so ist in der Praxis eine dauernde Kühlerhaltung bei + 1 bis + 2° C. bis die Milch in die Hände des Konsumenten kommt, schwer durchzuführen. Ein Verfahren, welches eine Verbesserung der Milchversorgung durch Gefrieren eines Teiles der Milch resp. durch Zusatz von Milcheis zu vorgekühlter Milch zu erreichen sucht, ist dem Ingenieur Casse patentiert worden und ist schon seit 1896 in Kopenhagen hauptsächlich zum Zwecke der Milchausfuhr nach England zur Anwendung gekommen. Es

1) Renk, Archiv f. Hygiene, 1893, 17. Bd., S. 312.

ist die Produktion von Eismilch nach den Angaben Helms[1]) in den Jahren 1896—1900 von 4 Millionen Pfund auf 22 $^1/_2$ Millionen gestiegen. Auch in Deutschland ist das Verfahren in einigen Molkereien anscheinend mit Erfolg zur Anwendung gekommen. Doch hat es sich noch nicht allgemein Eingang zu verschaffen vermocht, da man meint, auch ohne Cassepatent auskommen zu können, anderseits auch der Befürchtung Raum gibt, es könnte durch dasselbe eine Überproduktion von Milch begünstigt und damit durch eine Verbilligung der Milch eine finanzielle Schädigung der Landwirte und Milchhändler herbeigeführt werden.[2])

Wenn wir also die Vorteile einer tiefen Abkühlung anerkennen, so wird sich doch in vielen Fällen, z. B. bei starker Sommerhitze, eine Milchgefrierung empfehlen und zwar unter der Voraussetzung, dafs die Milch gleich in abgemessenen kleinen Quantitäten zu $^1/_2$ l und 1 l gefroren wird, da nur hierdurch die Erhaltung einer gleichmäfsigen Mischung der Milch garantiert ist. Eine wesentliche Verteuerung würde durch das Gefrieren selbst kaum entstehen, wenn wir den Vertrieb in Flaschen aufser acht lassen. Legen wir einem Kostenanschlag die Verhältnisse der hiesigen Kühlhallen zu Grunde, welche pro qm Grundfläche bei einer Höhe des Gefrierraums von 2,80 m das Jahr 70 Mk., also pro Tag nicht ganz 20 Pfg., berechnet, so lassen sich in diesem Raume mindestens 400 Literflaschen oder 700 Halbliterflaschen aufstellen. Nehmen wir an, die Flaschen stünden 2 Tage, wo sie vollständig durchgefroren sind, so würde das für 400 Literflaschen 40 Pfg., also pro 1 $^1/_{10}$ Pfg. betragen, gerade soviel wie das Cassepatent allein schon pro l kostet. Stehen die Flaschen länger, so erhöht sich natürlich der Preis; der Milchhändler ist aber dadurch entschädigt, dafs ihm keine Milch verdirbt.

Einem länger anhaltenden Gefrieren, was sich ja auch unter den gewöhnlichen Verhältnissen des Lebens nicht not-

1) Helm, Molkereizeitung, Berlin, 1901, S. 566.

2) Molkereizeitung, Berlin, 1899, S. 76. Bericht über die Generalversammlung des Deutschen milchwirtschaftlichen Vereins.

wendig erweist, ist durch das Auftreten der Flöckchen eine Grenze gesetzt. Denn ungeachtet des Umstandes, dafs die Flöckchen in der ersten Zeit infolge ihrer Löslichkeit durch Kochen die Genufsfähigkeit der Milch nicht stören, würde das Publikum eine Milch mit derartigen Flöckchen zurückweisen. Wohl könnte aber eine Milch, so lange die Flöckchen durch Kochen sich noch Auflösen, z. B. auf Schiffen, Verwendung finden, da sie vor Ausgabe an die Passagiere leicht in die homogene Form durch Aufkochen übergeführt werden könnte.

Bezüglich der Gefäfse, in denen die Milch zur Gefrierung gebracht wurde, ist noch zu bemerken, dafs die zum Versuch aufgestellten Bierdruckflaschen das Gefrieren gut aushielten, gleichgültig ob sie offen oder verschlossen waren; nur durften sie nicht höher als bis an den Anfang des Flaschenhalses gefüllt sein. Es ist dies wohl daraus zu erklären, dafs während des Gefrierens ein Aufrahmen eintritt und durch den Fettgehalt die oben gefrierende Eisdecke nicht so fest ist wie bei Wassereis, sodafs sie beim weiteren Durchfrieren der sich ausdehnenden Luft ausweichen und sich pilzförmig vorbauchen kann.

Wichtig für die praktische Verwendung der gefrorenen Milch im Haushalt ist auch die Schnelligkeit, mit der die Milch auftaut:

Bei einer Zimmertemperatur von 14° bis 17° C zeigte sich erst nach 2 Stunden der Beginn des Auftauens. Nach 15 $^1/_2$ Stunden war

die Literflasche auf 12,5° C
die Halbliterflasche auf 13,0° C

erwärmt bei einer Zimmertemperatur von 15,5° C.

In fliefsendem Leitungswasser von 11° war dagegen die Literflasche bereits in 2 $^1/_2$ Stunden, die Halbliterflasche in knapp 2 Stunden auf 11° erwärmt. In Wasser von 11° gesetzt und bis 30° erwärmt, war die Halbliterflasche in $^1/_2$ Stunde aufgetaut. Nur einmal zersprang eine Flasche, die nicht über das Niveau ihres Inhalts in dem erwärmten Wasser stand, ganz natürlich, weil die unteren Schichten sich durch die Erwärmung ausdehnten, wo die oberen kalten Schichten nicht ausweichen konnten.

Es ist also einerseits leicht möglich, Milch im Haushalt unverändert gut ohne Eisschrank längere Zeit aufzubewahren, anderseits ergibt sich keine Schwierigkeit, die Milch auch schneller aufzutauen.

Haben wir jetzt die Vorteile der gefrorenen Milch vom hygienischen Standpunkte aus beleuchtet, so will ich meine Betrachtungen nicht schliefsen, ohne an die Vorteile erinnert zu haben, die die gefrorene Milch bei der Butterbereitung bietet, die darin bestehen, dafs die Butterungszeit verkürzt (Soxhlet[1]) und die Butterausbeute gröfser ist, so dafs nur ein sehr kleiner Bruchteil Fett in der Buttermilch zurückbleibt (Siegfeld[2]); dabei ist das Resultat eine haltbarere und wohlschmeckende Butter.

Fasse ich noch einmal kurz die Hauptergebnisse meiner Beobachtungen zusammen, so komme ich zu folgenden Schlufssätzen:

1. Für die Beurteilung der Marktmilch bietet der Säuregrad einen besseren Anhalt als die Keimzahl.
2. Milch läfst sich durch niedere Temperaturen, welche ein Gefrieren nicht bewirken, nur wenige Tage (3—10—14) genufsfähig erhalten.
3. Auch bei 0° tritt nur eine Verzögerung der Keimentwicklung und Säurebildung, aber kein Aufhören des Wachstums der Milchkeime ein.
4. Die Bedeutung einer sauberen Milchgewinnung spricht sich unter anderem auch dahin äufserst vorteilhaft aus, dafs solche Milch auch über dem Gefrierpunkt sich viel länger hält.
5. Die Haltbarkeit der Milch ist aufserdem abhängig von der Schnelligkeit der Durchkühlung.
6. Erst mit dem Moment der Gefrierens der Milch tritt eine anhaltende Keimverminderung hervor: der Säuregrad bleibt derselbe.

1) Soxhlet, Die landwirtschaftliche Versuchsstation, 1876, S. 149.
2) Siegfeld, Molkereizeitung, Hildesheim, 1899, S 491.

7. Beim Gefrieren wird das Milchfett in feste Klümpchen verwandelt.
8. Durch Erwärmen lösen sich die Klümpchen leicht auf, so dafs die Milch wieder vollständig homogen wird.
9. Erst nach längerem Gefrieren (etwa von 14 Tagen an) machen sich zahlreiche lockere Flöckchen, in der Hauptsache aus Milcheiweifs und Fett bestehend, in der Milch auffällig bemerkbar.
10. Die Flöckchen einer 3—5 Wochen lang gefrorenen Milch lösen sich durch Aufkochen vollständig auf; nach 4 bis 5-wöchigem Gefrieren werden sie schwer löslich; nach einvierteljährigem Gefrieren blieben sie fast ganz ungelöst.
11. Die Marktfähigkeit der gefrorenen Milch wird durch das allmähliche Auftreten von Eiweifsausscheidungen zeitlich begrenzt.
12. Beim Gefrieren der Milch in gröfseren Gefäfsen werden die Milch-Bestandteile durch Ausfrieren des Wassers vom Rande aus nach der Mitte zu konzentrierter.
13. Durch den konzentrierteren Gehalt an Salzen rückt der Gefrierpunkt tiefer herab.
14. Es ist daher rationell, Milch in kleinen abgeteilten Portionen (Literflaschen) gefrieren zu lassen.
15. Eismilch garantiert dem Konsumenten nur dann den vollwertigen, unveränderten Gehalt aller ihrer Bestandteile, wenn sie in Flaschen gefroren ist.
16. Flaschen halten das Gefrieren aus.
17. Durch das Gefrieren allein erfährt die Milch keine nennenswerte Preissteigerung.
18. Eismilch läfst sich im Haushalt bequem einen Tag lang, ohne dafs Gerinnung eintritt, ungekocht aufbewahren; bei sofortigem Bedarf gelingt es andererseits, sie schnell aufzutauen.

Quantitative Staubbestimmungen der Luft der Kohlenbunker S. M. Panzerschiff „Wörth“ während des Kohlens in den Jahren 1895—1897.

Von

Dr. **Eduard Dirksen,**

Marineoberstabsarzt und ehemaligem Schiffsarzt.

Quantitative Staubbestimmungen findet man in der Literatur nicht gerade häufig, solche von Kohlenstaub selten. In der schiffshygienischen Literatur habe ich nichts gefunden, aber gerade auf Schiffen ist die Art, wie und wo die Kohlen untergebracht werden, so zur Entwicklung von viel Staub auf kleinem Raum geeignet, daſs schon von vornherein angenommen werden konnte, daſs die gefundenen Mengen überraschend groſs sein würden. Ich hielt es daher als Schiffsarzt S. M. S. »Wörth« im hygienischen Interesse für lohnend, die Mengen in Zahlen festzulegen und die Notwendigkeit von Maſsregeln gegen die Staubeinatmung damit darzutun. Im Jahre 1899 überreichte ich diese Arbeit in von dieser wenig abweichenden Form dem Reichs-Marineamt.

Ich schicke eine Beschreibung der Schiffsklasse, der Kohlenaufbewahrungsräume (Kohlenbunker) und der Wege, wie die Kohlen dahin gelangen, voraus mit dem Bemerken, daſs die hier in Betracht kommenden ausschlaggebenden Verhältnisse im groſsen und ganzen auf allen Kriegsschiffen dieselben sind.

Die Panzerschiffe der »Brandenburg«-Klasse »Kurfürst Friedrich Wilhelm«, »Brandenburg«, »Weifsenburg«, »Wörth«, mit je etwa 10000 Tonnen Wasserverdrängung und 550 Mann Besatzung haben, wie aus Fig. 1a und b, 6 und 7 hervorgeht, folgende Decks: Oberdeck (Batteriedeck), Panzerdeck, Zwischendeck, Plattformdeck. Das tiefste Deck ist kein eigentliches Deck, sondern der Schiffsboden selbst, unter dem nur noch der sogen. Doppelboden, doppelt zum Schutz gegen Lecks, sich befindet. Über dem Oberdeck ist noch das (achtere und vordere) Aufbaudeck und die Back zu erwähnen (Fig. 7). Die Figuren sind übrigens nur insofern vollständig, als zum Verständnis der Lage der Heizräume und Kohlenbunker notwendig ist. Zwischendeck und Plattformdeck fehlen in den beiden (Steuerbord- und Backbord-) Maschinenräumen (vgl. Fig. 2, 4 und 7) und in den (Steuerbord- und Backbord-)Kohlenbunkern (vgl. Fig. 1b und 7), das Plattformdeck auch im Achterschiff. Sonst ist die Einteilung des Schiffes, wie sie Fig. 7 darstellt, ohne weiteres verständlich, bemerkt mufs nur noch einmal werden, dafs vieles, wie z. B. die einzelnen Abteilungen in den Decks, als zum Verständnis des vorliegenden Themas nicht unmittelbar gehörig, nicht eingezeichnet ist.

Jedes dieser Schiffe hat ein Kohlenfassungsvermögen von rund 850 cbm = 600 Tonnen, d. h. etwa soviel wie ein Güterzug von 28 Doppelwaggons. Dieses Kohlenquantum verbraucht das Schiff durchschnittlich in etwa 20 Tagen, es mufs also alle 20 Tage »kohlen«, d. h. die Bunker frisch voll Kohlen füllen. In einer Stunde nahm S. M. S. »Wörth« im Jahre 1898 139 Tonnen = 2780 Zentner Kohlen über. Das sind, wenn man die Anzahl der beim Kohlen beschäftigten Leute in Betracht zieht, rund 300 kg für den Kopf und die Stunde.

»Bunker« sind die für die Kohlenvorräte vorgesehenen Räume (wasserdichten Abteilungen). Dieselben liegen (vgl. die Figuren) bei diesen Schiffen um die Heizräume herum (Fig. 4—6) derart, dafs die Heizräume nach vorn von dem übrigen Schiff durch zwei Querbunker (Steuerbord- und Backbord-Querbunker) getrennt, sind (Fig. 5—7) und dafs zwischen Heizräumen und Bordwand auf jeder Seite zwei Längsbunker (Steuerbord vorderer, St.-B. achterer, Backbord vorderer, B.-B. achterer Längsbunker) angebracht sind (Fig. 1a und b, 4—6), deren Querschnitt im allgemeinen ein rechtwinkliges Dreieck darstellt (Fig. 1a und b), lange Kathete Bordwand, zugleich Tiefe des Bunkers, kurze Kathete Dritteldecksbreite im Panzerdeck, bis zu dem die Bunker hinaufreichen, Hypotenuse Wand des Bunkers nach dem Schiffsinneren zu (Heizerzwischendeck, Heizraum). Die Bunker begrenzen also nicht nur die Heizräume nach aufsenbords zu, sondern sie reichen noch ein Deck höher bis zum Panzerdeck, während die Heizräume nur bis zum Heizerzwischendeck reichen (Fig. 1b).

In den Heizräumen, deren Deck[1]), wie gesagt, das unterste im Schiff und wo daher auch zugleich die Sohle der Bunker ist, befinden sich senk-

1) Deck ist teils das Deck (die Ebene), auf dem man steht, teils der Raum (Wohnraum) darüber bis zum nächsten Deck, also z. B. Zwischendeck, Batteriedeck u. s. w.

Querschnitt bei Spant 49.

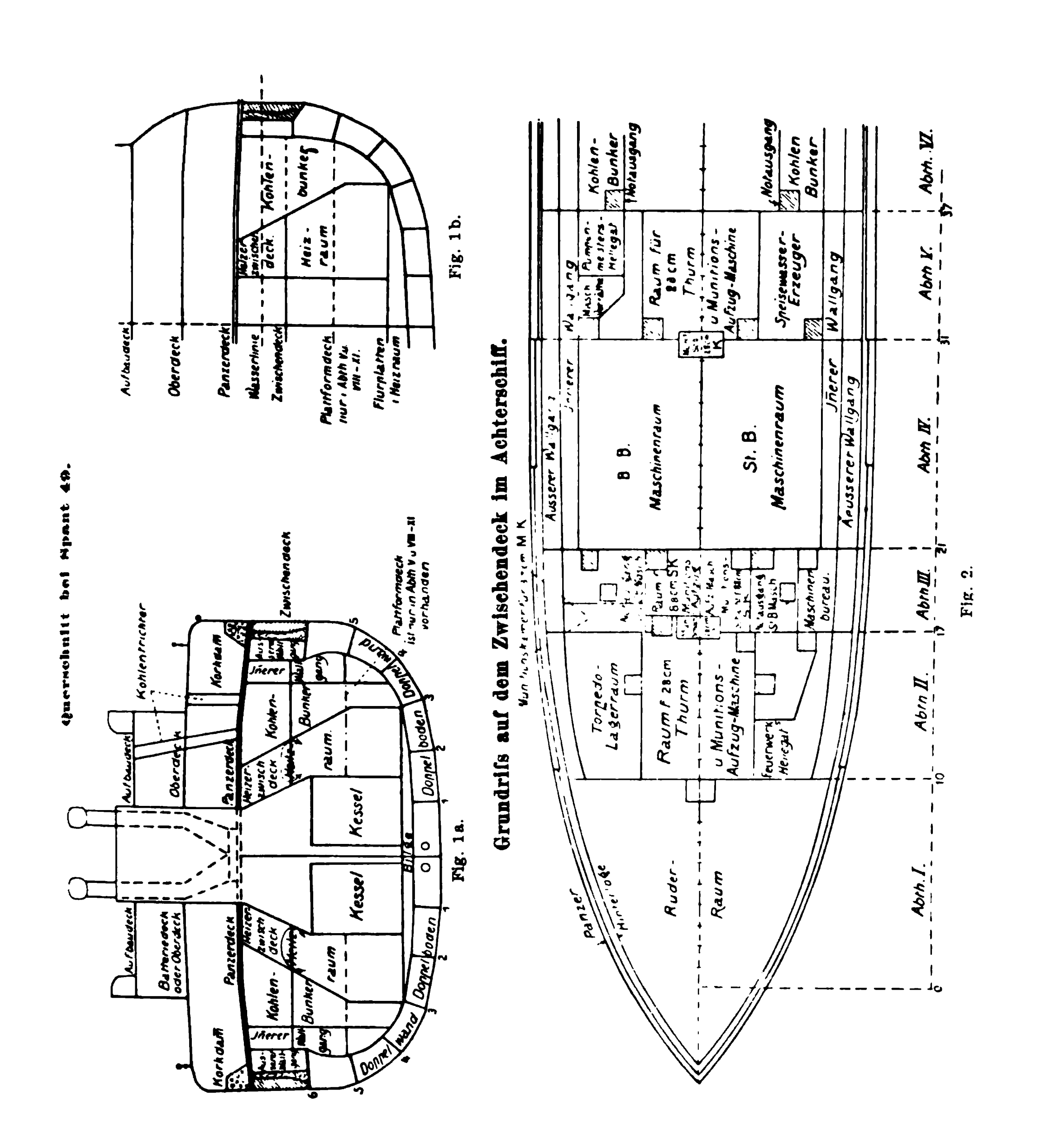


Fig. 1a. Fig. 1b.

Grundriss auf dem Zwischendeck im Achterschiff.

Fig. 2.

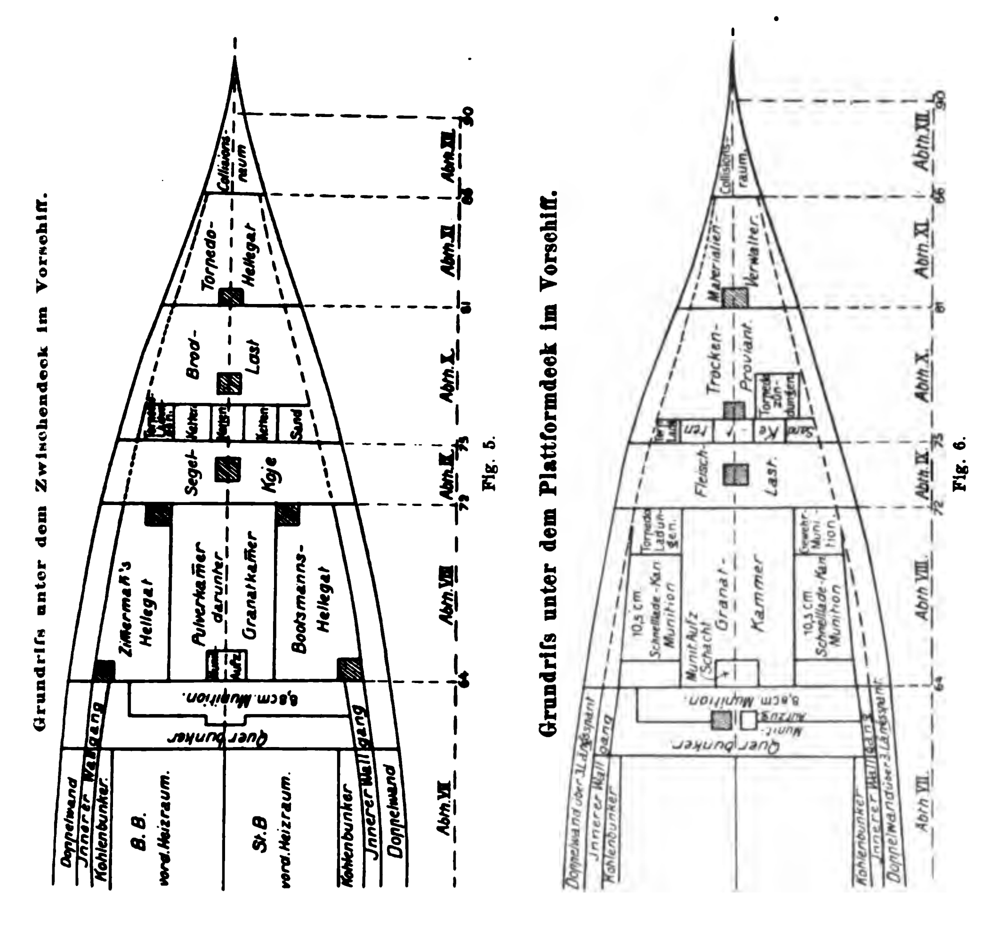
Grundrifs über dem Zwischendeck im Vorschiff.

Fig. 3.

Grundrifs unter dem Zwischendeck im Achterschiff.

Fig. 4.

rechte, wasserdichte Falltüren in die Bunker hinein, durch die die Kohlen aus dem Bunker herausgenommen werden, um damit die Kessel zu heizen. Wie aus der Schilderung hervorgeht, werden die Kohlen unten entnommen und von oben stürzen immer andere Kohlen nach. Zugleich ist diese Anordnung der Bunker getroffen, um den Heizräumen als Kollisionsschott zu dienen, dafs also bei Kollisionen nur der Bunker getroffen wird, und die



Grundrifs unter dem Zwischendeck im Vorschiff. Fig. 5.

Grundrifs unter dem Plattformdeck im Vorschiff. Fig. 6.

Heizräume, da bei jeder Kollision sofort die erwähnten Falltüren geschlossen werden, betriebsfähig bleiben.

Wie werden nun die Bunker mit Kohlen gefüllt? — Die Bunker reichen, wie oben geschildert, von unten bis an das Panzerdeck (Fig. 1a und b, 7). Letzteres liegt etwa gerade in der Wasserlinie (Fig. 1b, 7). In dieses Deck können, weil keine Pforten dafür vorhanden sind, die Kohlen nicht direkt von aufsenbords, d. h. aus den Prähmen übergenommen werden, sondern dies geschieht ein Deck höher im Batterie- bezw. Oberdeck, teils noch ein

Deck höher auf dem vorderen Aufbaudeck. Erstens liegt es nun im Interesse der Kriegsschlagfertigkeit des Schiffes, dafs es schnell kohlen kann; es müssen daher möglichst viel Zugänge zum Bunker sein, um in möglichst kurzer Zeit möglichst viel Kohlen in die Bunker zu schaffen. Zweitens soll das Schiff natürlich möglichst wenig durch Kohlenstaub verschmutzt werden. Dem ist in folgender Weise Rechnung getragen. Jeder hintere Bunker hat sechs, jeder vordere fünf und jeder Querbunker zwei Füllöffnungen. Es werden für das Kohlen eiserne Röhren von 0,46 m lichter Weite so angebracht, dafs sie aus dem Kohlenbunker oben ihren Anfang nehmend, nach oben teils durch das Panzerdeck hindurch im Batteriedeck münden, teils auch durch das Batteriedeck weiter hindurchgehend, im vorderen Aufbaudeck in runden Löchern, die sonst durch Verschraubungen geschlossen sind, ihr Ende nehmen (Fig. 1a). Es können daher teils vom Aufbaudeck, teils von dem darunter liegenden Batteriedeck die Kohlen direkt durch diese eisernen Röhren, Kohlentrichter genannt, in die Bunker geschüttet werden Diese Kohlentrichter werden nur beim Kohlen eingesetzt. Das Batteriedeck ist 2,125 m, das Panzerdeck 2,22 m, die Bunker 6,49 m hoch. Im Beginn des Kohlens, wenn die Bunker ganz leer sind, was allerdings selten der Fall ist, stürzt also die auf dem Aufbaudeck in die Kohlentrichter eingeschüttete Kohle 2,125 + 2,22 + 6,49 m = 10,835 m, fast 11 m tief herab, die aus dem Batteriedeck 2,22 + 6,49 = 8,71 m, fast 9 m. Das gibt ungefähr eine Vorstellung, was für ein Staub in dem sonst ganz abgeschlossenen Bunker aufgewirbelt wird. Im Bunker sind Heizer postiert, die die Aufgabe haben, die Kohlen gleichmäfsig zu schippen. Je voller der Bunker wird, desto staubhaltiger wird natürlich die Luft. Schliefslich müssen die Leute auf dem Bauche herumkriechen. Die Beleuchtung erfolgt durch in die Wände luftdicht von aufsen eingelassene elektrische Glühlampen oder durch elektrische Laufiaternen, die getragen oder aufgehängt werden. Die Heizer gelangen in die Bunker durch die Kohlentrichter oder durch besondere viereckige Öffnungen im Panzerdeck oder durch hie und da im Zwischendeck ange-

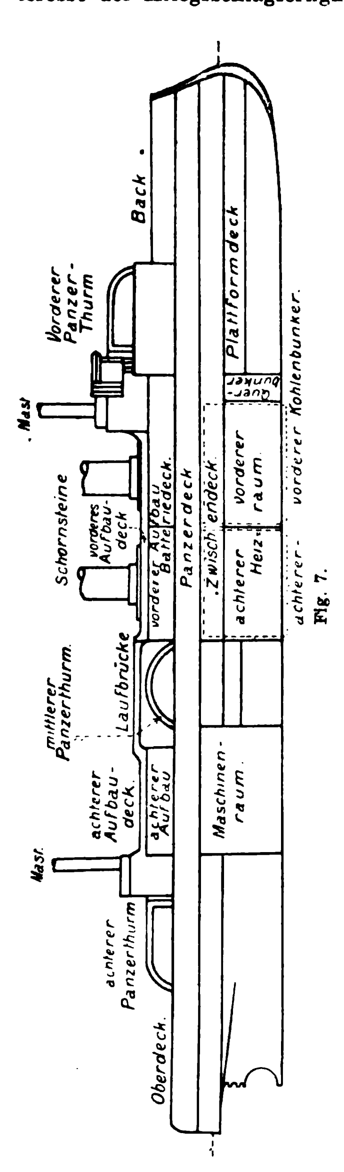


Fig. 7.

brachte Schotttüren, die je nach Bedarf geöffnet werden können, natürlich aber wegen des sonst in das Schiff eindringenden Staubes meist geschlossen gehalten werden und geschlossen werden müssen, sobald die eingeschüttete Kohle ihr Niveau erreicht. Es halten sich für gewöhnlich zwei Heizer, die abgelöst werden, in jedem Bunker auf, solange gekohlt wird. Das Kohlen kann 4—6 Stunden dauern.

Die Verhältnisse liegen also kurz gesagt so, dafs die Kohlen durch Röhren aus einer Höhe von höchstens 9—11 m in einen sonst überall geschlossenen Raum hinabstürzen und dafs, wie im Beginne betont, diese einfache Anordnung für eine hygienische Prüfung sehr geeignet war.

Ich hatte mir also die Aufgabe gestellt, den Kohlenstaubgehalt dieser Bunkerluft während des Kohlens festzustellen.

Die Räume sind schwer zugänglich, teils durch enge Schotttüren, teils durch noch engere »Mannlöcher« (Kohlentrichteröffnungen im Deck); schlecht beleuchtet durch 1 oder 2 elektrische Glühlampen, d. h. so gut wie dunkel; das Stehen auf den Kohlen ist kein sicheres; ab und zu, wenn man nicht aufpafst, gefährden die an und für sich schon hinreichend mangelhafte Stellung heranstürzende Kohlen, kurzum es ist in keiner Weise der Platz für genaue hygienische Arbeiten. Ich mufste daher einen möglichst wenig zerbrechlichen, einfachen, kompendiösen Apparat für die Untersuchung nehmen. Ich entschied mich für folgenden:

Ich liefs mir 12 cm lange, 6 mm weite, in der Mitte zu einer Kugel von 7 cm Umfang aufgeblasene Glasröhren herstellen. In die Kugel brachte ich zuerst gewöhnliche Watte, so fest und dicht, dafs Durchpassieren von Staub ausgeschlossen war. In das eine Ende sollte die Luft eintreten, an das andere schlofs ich eine 5 Literflasche mit doppelt durchbohrtem Korken und einem kurzen Glasrohr verbunden mit dem erwähnten Kugelglasrohr und einem langen, bis auf den Boden reichenden, letzteres verbunden mit einem langen Gummischlauch zum Wasserablauf, kurz einen Aspirator, an. Das abgelaufene Wasser wurde aufgefangen, gemessen und daraus das durchpassierte Luftvolumen auf 0° und 760 mm berechnet. Das Kugelglasrohr hatte ich vorher mehrere Tage im Exsiccator liegen lassen,

es danach in der Lazarettapotheke an Land gewogen und so zum Gebrauch fertig. Nach dem Gebrauch kam es sofort in den Exsiccator, mit dem Exsiccator bei der nächsten Gelegenheit in die Lazarettapotheke an Land, wo ich es wog. So war die Untersuchung fertig. Man sieht aus diesem einen Beispiel, dafs hygienische Arbeiten an Bord meist sehr mühsam und umständlich sind.

Die Berechnung fand statt nach der Formel:

$$V_0 = \frac{V}{1 + \alpha t} \cdot \frac{b}{760},$$

wobei V_0 = Volumen bei 0° und 760 mm und
V = abgelaufene Wassermenge war.

Nach den ersten Probeversuchen gab ich die gewöhnliche Watte auf, weil sie so schnell beim Wiegen wieder Wasser aufnahm, dafs die Genauigkeit der Wägung litt. Von da ab nahm ich Glaswolle. Zwar nimmt auch diese Wasser auf und an Gewicht zu, aber doch erheblich langsamer, so dafs man bei einiger Geschicklichkeit und Übung im übrigen brauchbare Resultate bekommt.

Die Kohlensäurebestimmung machte ich nach Pettenkofer: nahm geaichte 5 l-Flaschen, füllte sie im zu untersuchenden Raum vermittelst eines Blasebalgs mit Luft, verschlofs sie mit doppelter Gummikappe und machte die Untersuchung in der Schiffsapotheke.

Ich habe nun in den folgenden Tabellen I—III die Ergebnisse meiner Untersuchungen zusammengestellt und zwar in I meine Untersuchungen in der Zeitfolge, wie sie gemacht sind. In Tabelle II sind dieselben mit denen, die ich in der Literatur gefunden, je nach der Menge des gefundenen Staubes, von der geringsten angefangen, verglichen: dasselbe ist in Tabelle III graphisch geschehen. Letztere Tabelle ist auf Millimeter-Papier eingetragen, 1 mm Höhe = 4 g Staub, also a = 0, b = 0 bis 4, c = 4 bis 8 u. s. w. Nr. f als Kohlengrube ist durch Schraffieren, meine Beobachtungen durch Schwarz besonders kenntlich gemacht. Tabelle III ist dann photographiert. Tabelle II und III, nach den Buchstaben miteinander verglichen, sind ohne weiteres verständlich.

Tabelle I.

Lfd. Nr.	Datum	Ort der Luftprüfung	Tageszeit	Temperatur der Bunkerluft in °C.	Abgelaufene Wassermenge in ccm	Staubmenge in 1 cbm mg	CO_2-Gehalt der Bunkerluft ‰	Bemerkungen
1	20. III. 96	Steuerbord achterer Bunker	—	17°	—	—	3,05	
2	10. IV. 96	Backbord achterer Bunker	—	23°	—	—	1,66	Am Ende des Kohlens. Kohlen waren naſs.
3	»	»	—	23°	—	—	1,80	
4	5. V. 96	»	9^{30} am.	33°	2100	582	2,46	Rhede Wilhelmshaven.
5	»	Steuerbord achterer Bunker	10 am.	22° 24,5°	2390	708	3,78	
6	22. V. 96	Achtere Bunker	—	20°	1900	2276	—	
7	26. VI. 96	Backbord. vorderer Bunker	12^{40} pm.	30°	2450	208	2,05	
8	»	»	1^{20} pm.	25°	—	—	1,26	
9	»	Steuerbord vorderer Bunker	12^{10} pm.	27°	2280	688,5	1,2	
10	14. VII. 96	Steuerbord achtere Bunker	11 am.	24°	2450	181	—	Kriegsmäſsiges Kohlen vor Helgoland. Kohle staubt sehr stark. Vom Geschwaderkommando auf wahrscheinlich hohen Gehalt an Methan aufmerksam gemacht.
11	»	»	10^{30} am.	26°	—	—	1,88	
12	1. VIII. 96	Backbord vordere Bunker	11 am.	29°	—	—	0,76	
13	24. VIII. 96	Backbord achtere Bunker	10 am.	24°	1300	0	—	Neufahrwasser Rhede. Kohlen ganz naſs.
14	1. IX. 96	Abteilung VII Panzerdeck Backbord	3 pm.	28°	3040	152	0,90	Kriegsmäſsiges Kohlen. Abt. VII voll Kohlen geschüttet. Kohlen naſs. Luft 1,5 m über Deck entnommen. Seitenfenster und Torpedopforte[1]) geschlossen.
	2. IX. 96	»	5 pm.	25°	—		0,62	Nicht gekohlt. Schotttüren offen.
	3. IX. 96	»	6 pm.	26°	—	—	0,82	
	4. IX. 96	»	5^{30} pm.	25°	—	—	0,78	Noch halb voll Kohlen.
	5. IX. 96	»	6^{30} pm.	24°	—	—	0,59	Noch 1/3 voll Kohlen.
	6. IX. 96	»	5^{30} pm.	24,5°	—	—	0,74	Frei von Kohlen. Drei Seitenfenster offen.
15	1. IX. 96	» Steuerbord	8^{30} pm.	25,5°	—	—	1,84	
	2. IX. 96	»	5 pm.	26,5°	—	—	0,74	Nicht gekohlt. Schotttüren geschlossen.
	3. IX. 96	»	6 pm.	25°	—	—	0,87	
	4. IX. 96	»	5^{80} pm.	26,5°	—	—	0,89	Noch halb voll Kohlen.
	5. IX. 96	»	6^{80} pm.	25,5°	—	—	0,66	Noch 1/3 voll Kohlen.
	6. IX. 96	»	5^{30} pm.	26°	—	—	0,58	Frei von Kohlen. Zwei Seitenfenster offen.

1) Torpedopforte ist eine etwa 1/2 qm groſse Pforte zum Übernehmen der Torpedos im Panzerdeck in der Bordwand.

Fortsetzung zu Tabelle I.

Lfd. Nr.	Datum	Ort der Luftprüfung	Tageszeit	Temperatur der Bunkerluft in °C.	Abgelaufene Wassermenge in ccm	Staubmenge in 1 cbm mg	CO_2-Gehalt der Bunkerluft ‰	Bemerkungen
16	23. X. 96	Backbord achtere Bunker	11^{30} am.	16°	—	—	1,74	Kohlen in der Bauwerft Wilhelmshaven. Kohle trocken, ziemlich staubend.
17	»	Steuerbord vorderer Bunker	11^{30} am.	15,5°	1680	2289,7	0,85	
18	»	»	12 m.	17°	—	—	0,64	
19	11. XI. 96	Steuerbord achtere Bunker, vordere Tür	4 pm.	17°	—	—	1,12	Kiel. Bunker fast voll. $t = 17^0$ $e = 14,39$ $F = 65,1$ $t_, = 13,2^0$ $e_, = 11,28$ $e_{,,} = 9,37$. Aufsenluft $F = 96$
20	»	» achtere Tür	4 pm.	16°	—	—	0,72	Bunker bis z. Zwischendeckshöhe voll. $t = 10^0$ $e = 13,51$ $F = 80,6$ $t_, = 14^0$ $e_, = 11,88$ $e_{,,} = 10,88$ Aufsenluft $F = 96$
21	28. V. 97	Steuerbord vordere Bunker	11^{30} am.	23,5°	4390	102,8	—	
22	29. VII. 97	Backbord achtere Bunker	10 am.	24,5°	4690	82,8	1,1731 1,0701	Gute Stückkohle, mäfsige Staubentwicklung. Tür nach Zwischendeck auf.
23	»	Steuerbord achterer Bunker	11 am.	25°	4870	88,7	2,1743 1,9	Tür nach Zwischendeck geschlossen.
24	»	»	11^{30} am.	22°	3690	205,8	1,3372	
25	20.VIII.97	Backbord vordere Bunker	2^{30} pm.	25,5°	5280	382,2	1,009	Kohle trocken, staubt sehr. Neufahrwasser Rhede.
26	»	Backbord achterer Bunker	3 pm.	27°	5025	691,5	1,19	
27	»	Steuerbord achterer Bunker	3 pm.	28° 29°	4950	322,2	0,778	
28	»	Steuerbord vorderer Bunker	3^{30} pm.	28°	4890	648,7	1,009	

Der CO_2-Gehalt der Aufsenluft bewegte sich zwischen den bekannten Grenzen 0,25—0,3.

e = absolute Feuchtigkeit,
$e_,$ = Maximum der Spannkraft,
$e_{,,}$ = Spannkraft der Wasserdämpfe,
F = relative Feuchtigkeit.

Tabelle II.

Lfd. Nr.		Untersuchungsort	Name des Untersuchers	mg Staub in 1 cbm
1	a	Kohlenbunker S. M. S. »Wörth«, nasse Kohle	E. Dirksen	0
2	b	Verkehrsreiche Strafse	Arens	0,01 (— 2,0)
3	b	Aufsenluft nach Regen auf dem Lande	Tissandier	0,25
4	b	Verkehrsreiche Strafse	Fodor	0,4
5	b	Laboratorium	Arens	1,4
6	b	Eisengiefserei	»	1,5
7	b	Wohn- und Kinderzimmer	Hesse	1,6
8	b	Verkehrsreiche Strafse	Arens	(0,01 —) 2,0
9	b	Mittel von 24 Stunden im Freien	Tissandier	2,1 (— 12,1)
10	b	Aufsenluft nach Trockenheit auf dem Lande	»	3—4,5
11	c	Aufsenluft nach Regen in der Stadt	»	6,0
12	c	Aufsenluft	Uffelmann	6,5
13	c	Kunstwollfabrik (Reifsraum)	Arens	7,0
14	c	Schulzimmer	»	8,0
15	c	Eisengiefserei	»	8,0
16	d	Bildhauerei	Hesse	8,73
17	d	Rofshaarspinnerei	Arens	10,0
18	d	Eisengiefserei	»	12,0
19	e	Mittel von 24 Stunden im Freien	Tissandier	(2,1 —) 12,1
20	f	Kohlengrube	Hesse	14,3
21	e	Sägewerk	Arens	15,0
22	e	Schnupftabakfabrik	»	16,0
23	g	Wohnhaus	Uffelmann	16,6
24	g	Sägewerk	Arens	17,0
25	g	Kunstwollfabrik (Schneideraum)	»	20,0
26	h	Mahlmühle	»	22,0
27	h	Papierfabrik	Hesse	22,9
28	h	Aufsenluft nach Trockenheit in der Stadt	Tissandier	23,0
29	i	Papierfabrik	Hesse	24,9
30	i	Mahlmühle	Arens	28,0
31	i	Eisengiefserei	»	28,0
32	k	Mahlmühle	Hesse	47,0
33	l	Eisengiefserei	»	71,7
34	l	Schnupftabakfabrik	Arens	72,0
35	m	Kohlenbunker »Wörth«	E. Dirksen	82,8
36	n	» »	»	88,7
37	n	» »	»	102,8

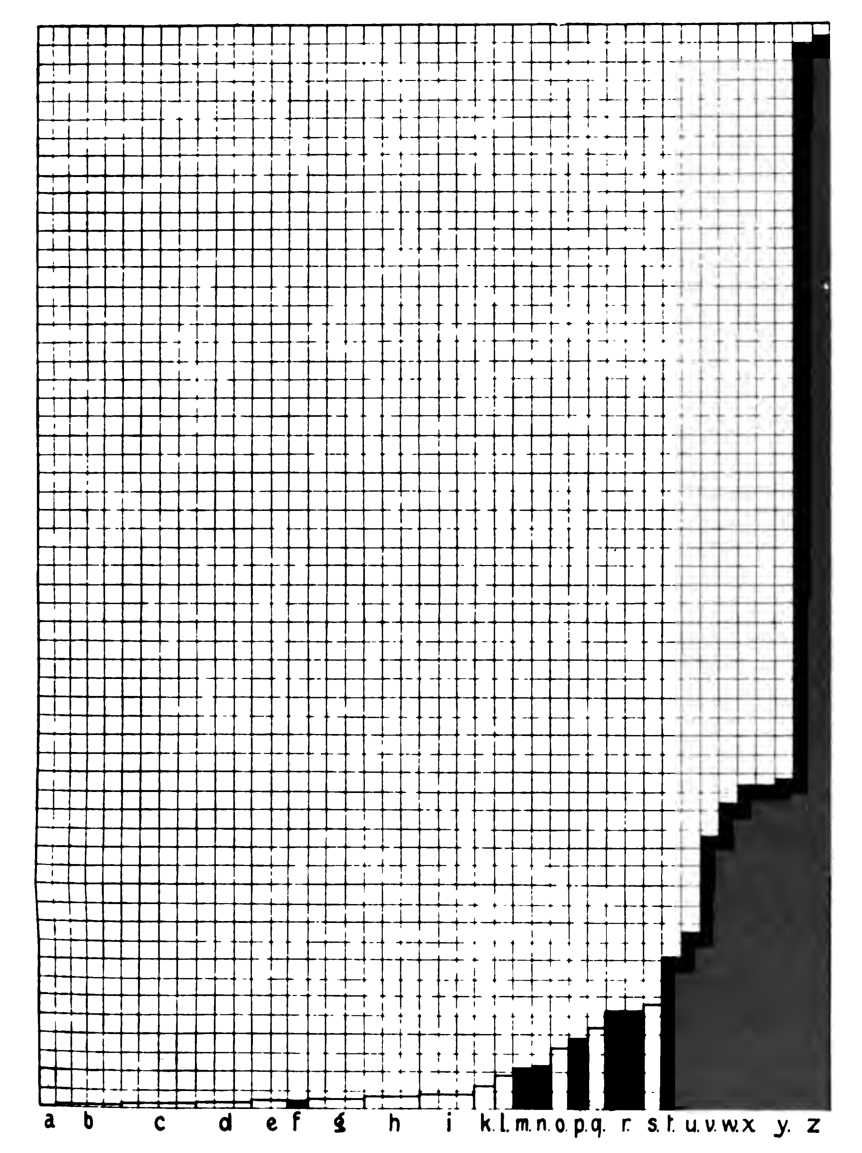
Fortsetzung zu Tabelle II.

Lfd. Nr.		Untersuchungsort	Name des Untersuchers	mg Staub in 1 cbm
38	o	Zementfabrik	Arens	130,0
39	p	Kohlenbunker »Wörth«	E. Dirksen	152,0
40	q	Filzschuhfabrik	Hesse	175,0
41	r	Kohlenbunker »Wörth«	E. Dirksen	181,0
42		» »	»	205,8
43	r	» »	»	208,0
44	s	Zementfabrik	Arens	224,0
45	t	Kohlenbunker »Wörth«	E. Dirksen	322,2
46	u	» »	»	382,2
47	v	» »	»	582,0
48	w	» »	»	648,7
49	x	» »	»	688,5
50		» »	»	691,5
51	y	» »	»	708,0
52	z	» »	»	2276,0
53		» »	»	2289,7

Wie oben geschildert, fallen die Kohlen nicht gleich hoch herunter. In die vorderen Bunker wird die Kohle vom Aufbaudeck geschüttet, in die achteren vom Oberdeck (Batteriedeck); das ist ein Unterschied von 2,22 m = der Höhe des Batteriedecks. Dieser Höhenunterschied kommt in der Staubentwicklung nicht zum Ausdruck: in den vorderen Bunkern findet sich durchschnittlich nicht mehr Staub als in den achtern. Es spielen zu viele andere Verhältnisse mit: ob die Kohle feucht, nafs ist, ob mehr Stück- oder mehr Gruskohle geschüttet wird, wie voll die Bunker schon sind u. s. w. Ferner ist zu bedenken, dafs der Kohlenstaub naturgemäfs sehr verschieden verteilt ist, so dafs man einmal in eine dichte Wolke kommt, ein anderes Mal relativ reine Luft ansaugt. Sehen kann man das nicht, es ist zu dunkel. So erklärt sich z. B. das Mifsverhältnis zwischen Nr. 10, wo die Kohle sehr stark staubte und 181 mg Staub hat und Nr. 14, wo die Kohle nafs war und trotzdem 152 mg zeigt.

Im allgemeinen betrachtet, ist das Auffallendste die Extreme, in denen sich meine Beobachtungen im Verhältnis zu denen

Tabelle III.



der anderen Untersucher bewegen. Die niedrigste (lfd. Nr. 1) ist meine Beobachtung (= 0), meine zweite Beobachtung ist

schon Nr. 35 und von da ab kommen 16 meiner Beobachtungen auf 3 andere (vgl. auch Tabelle III), also die Luft ist bedeutend viel staubhaltiger, über 10 mal staubhaltiger bei meiner kleinsten und gröſsten Zahl als in der geringsten und höchsten im Gewerbebetriebe gemachten Beobachtung: 13) Kunstwollfabrik 7,0 gegen 35) 82,8 und 44) Zementfabrik 224,0 gegen 53) 2289,7 und Hesse bezeichnet schon die Staubmenge der Zementfabrik als geradezu haltlos und jeder Beschreibung hohnsprechend.

Erwähnenswert ist noch Nr. 13: die Kohle war naſs und es wurde nichts von Staub gefunden. Bei Nr. 14 war die Kohle auch naſs, trotzdem waren 152 g da, d. h. erst die drittgeringste Menge (Nr. 13 = 0, Nr. 22/23 = 82,8/88,7). Bei letzterer ist »mäſsige Staubentwicklung« besonders angegeben, man hätte also doch mehr als bei Nr. 14, der nassen Kohle (152 mg) erwarten sollen. Übrigens ist die Staubmenge Nr. 14 nicht im Bunker gefunden, sondern in Abteilung VII des Panzerdecks. Dort wurden nämlich, wenn das Schiff für längere Zeit keine Gelegenheit hatte, Kohlen zu nehmen und mit seinen Bunkerkohlen nicht gereicht hätte, Reservekohlen untergebracht. Das Panzerdeck ist in 11 wasserdicht voneinander abschlieſsbare Abteilungen eingeteilt (angedeutet in Skizze 2—6) und dient sonst als Wohnraum für einen Teil der Mannschaft. In diesem Falle wurde die Abteilung wasserdicht abgeschlossen und wie ein Bunker mit Kohlen gefüllt.

Die geringste Staubmenge war also = 0. Die nächst gröſsere (Nr. 22/23 82,8/88,7 mg) überflügelt gleich das Gros des bisher Beobachteten und steht vor Arens Schnupftabakfabrik, überragt also die von Hesse im Kohlenbergwerk gefundene Menge (14,3 mg) um das Sechsfache. Die dritte Zahl (Nr. 14 152 mg) übertrifft schon die niedrigere Zahl der Zementfabrik. Die nächsten beiden Zahlen (205,8 und 208,0, Nr. 24 und 7) erreichen bereits fast die höchste überhaupt bisher beobachtete Zahl (224 mg Zementfabrik) und von da geht es von 322 mg (Nr. 27) in groſsen Schritten bis zu der erheblichen Höhe von 2276,0 und 2289,7 mg (Nr. 6 und 17).

Wären die Staubmengen, wie ich sie in den einzelnen Momenten gefunden, während der ganzen Zeit des Kohlens die gleichen, so würde das für den dort arbeitenden Heizer, 4 Stunden Arbeit im Bunker und 500 l stündliche Atemluftmenge gerechnet, verglichen mit Hesses Kohlengrubenarbeiter, ergeben:

13,3 mg Staub in 1 cbm = 0,0286 g Staub
atmet Hesses Arbeiter in 4 Stunden ein.

mg		= g	
82,8	mg Staub in 1 cbm	= 0,1656	g Staub
88,7	» » » » »	= 0,1774	» »
102,8	» » » » »	= 0,2056	» »
152,0	» » » » »	= 0,304	» »
181,0	» » » » »	= 0,3620	» »
205,8	» » » » »	= 0,4116	» »
208,0	» » » » »	= 0,4160	» »
322,2	» » » » »	= 0,6444	» »
382,2	» » » » »	= 0,7644	» »
582,0	» » » » »	= 1,164	» »
648,7	» » » » »	= 1,2974	» »
691,5	» » » » »	= 1,383	» »
708,0	» » » » »	= 1,416	» »
2276,0	» » » » »	= 4,552	» »
2289,7	» » » » »	= 4,5794	» »

atmet der Heizer ein während einmaligen Bunkerns, wenn er die ganzen 4 Stunden im Bunker bliebe.

Die beiden letzten Mengen (4,5794 und 4,552 g) Kohlenstaub nehmen etwa an Raum ein: 8 ccm, also einen Würfel von 2 cm Seitenlänge; von dieser Menge betragen die folgenden:

1,416 $= 1/3$ 0,4116 $= 1/11$ 0,0286 $= 1/160$ (Hesse)
0,7644 $= 1/6$ 0,1656 $= 1/28$

In den 4 Stunden hätte also der Kriegsschiffsheizer das 8—160 fache von Kohlenstaub einzuatmen als der Arbeiter Hesses.

Der Kohlengrubenarbeiter verbringt seine ganze tägliche Arbeitszeit oder doch wohl den gröfsten Teil derselben in der Staubatmosphäre, der Kriegsschiffsheizer alle 20 Tage einmal höchstens 4 Stunden. Allerdings kommt bei letzterem noch sein

Dienst vor den Feuern, d. h. die Zeit, in der er im Heizraum Kohlen auf die Feuerung aufschüttet, hinzu. Ich habe diese Staubmenge nicht messen können, da mir ein für solche Räume geeigneter Apparat nicht zur Verfügung stand. Doch läfst sich auch ohne das das Eine sagen, dafs diese Staubmenge verschwindend gering ist, da der Zug durch die Feuerung den gröfsten Teil des Staubes mit fortreifst.

Dafs der vorzügliche Staubfänger, den wir an unserer Nase haben, mit solchen Staubquantitäten nicht fertig werden kann, und dafs ein grofser Teil in die Lunge gelangen mufs, beweisen die bekannten Lungensektionsbefunde bei Kohlenarbeitern. Festzustellen, wieviel die Nase festhält, ist schon allein deshalb schwer, weil die Heizer sich natürlich sehr häufig die Nase schneuzen.

Ob sich aus der Krankenstatistik ein Überwiegen der Erkrankungen der Atmungsorgane bei Heizern im Vergleich zu den Matrosen während der 2 Jahre meines Bordkommandos nachweisen läfst, auf diese Frage will ich hier nicht eingehen. Erwähnen möchte ich nur nebenbei, dafs die Entzündungen der äufseren Gehörgänge bei Heizern häufiger sind.

Während derselben Zeit ist auch kein Heizer verstorben, ich habe daher auch keine Kohlenlunge sehen und die Menge der Kohle in derselben bestimmen können. Wie grofs übrigens die abgelagerten Kohlenstaubmengen bei den Kohlenarbeitern, die unter ähnlichen Verhältnissen wie die Heizer arbeiten, sind, darüber hat Hanna berichtet:

Kohlengehalt menschlicher Lungen.

Nach W. Hanna (Archiv f. Hygiene, 30. Bd., 1897, S. 335).

Bezeichnung		Frisches Gewicht	Kohlenmenge	% Kohle in der frischen Lunge	% Kohle in der getrockn. Lunge
Pigmentarm	Beide Lungen (Frau 28 Jahre)	778	1,01	0,129	1,03
	Rechte Lunge (Kind 5 Jahre)	190	0,402	0,211	1,30
Kohlenlungen	Beide Lung. (Töpfer 80 Jahre)	1072	9,5	0,88	5,29
	Linke Lunge	363	3,7	1,02	6,45
Rindslunge		—	—	0,044	—
Rindslunge		—	—	0,034	—

Dabei mufs ich der Lehre von der Anthracosis pulmonum überhaupt auszugsweise mit wenigen Worten gedenken.

Pearson und Laënnec waren die ersten, die die Frage, ob Staubpartikelchen, speziell Kohlenstaub in das Lungengewebe und von da in die Bronchialdrüsen eindrängen, in bejahendem Sinne beantworteten. Pearson meint, dafs die Kohlenteilchen gleichwie der Sauerstoff aufgenommen werden und durch die Lungenzellen ins Blut gelangen, ebenso sei es möglich, dafs die Teilchen von den Luftröhrenästen in die Saugader dringen, da die schwarzen Streifen an der Oberfläche der Lungen mit Lungensaugadern übereinstimmen. Henle bezweifelte das im Jahre 1841 und Virchow stützte diesen Zweifel, indem er dieses Lungenpigment für ein pathologisches Produkt erklärte, der Bronchialschleim befördere die Kohle wieder hinaus. Gregory veröffentlichte dann das Sektionsergebnis eines seit 10 Jahren in Kohlenbergwerken beschäftigten Arbeiters, bei welchem neben Kohlenanhäufungen in den Lungen sich Cavernen fanden, die mit einer schwarzen tintenartigen Flüssigkeit gefüllt waren. Die Engländer Thomson (Vater und Sohn) Philp Simpson, Hamilton und Stratton, die Deutschen Erdmann und Brockmann brachten weiteres Material herbei. Stratton gebrauchte zuerst den Ausdruck Anthracosis. Christison, Graham und Lecanu brachten den chemischen Nachweis. Der Franzose Robin kam auf Grund seiner Beobachtungen in den Pariser Hospitälern zu der Überzeugung, dafs das Eindringen von Kohlenteilchen in die Lungen eine nicht zu bezweifelnde Tatsache sei, der aufserdem die Villaretsche Ansicht, nach welcher die Kohle vom Darmkanal durch die Chylusgefäfse ins Blut übergehe, heftig bekämpte, der Staub gehe von den Alveolen aus durch die Wandungen derselben hindurch zu dem interstitiellen Gewebe, so in den Lymphstrom und zuletzt in die Bronchialdrüsen. Traube wies dann direkt Kohlenteilchen nicht nur in den sputis, sondern auch in den Alveolen nach und nahm an, dafs die Aufnahme stattfinde bei durch chronischen Katarrh gestörter Flimmerbewegung. Lewin und Crocq beobachteten das Vordringen des Staubes bis in das Lungen-

parenchym und Crocq fand wenige Stunden nach Anstellung diesbezüglicher Versuche Kohle im Parenchym der Lunge und in den Bronchialdrüsen Als noch von vielen Seiten Bestätigungen kamen, gab auch Virchow schliefslich zu, dafs feinkörnige Kohle in die katarrhalische Zelle übergehe, und dafs es eine wahre Anthracosis pulmonum gäbe.

Die feinere Verteilung des Staubes und die Einwirkung desselben auf die Gewebe studierte Arnold an äufserst sorgfältigen und umfassenden Tierversuchen. Seine Beobachtungen sind in dem Werk über Staubinhalation und Staubmetastase niedergelegt. Danach findet sich der inhalierte Staub in Trachea und Bronchien sowohl frei in Form einzelner in Schleim eingebetteter Körner- und Körnerhaufen, als auch an Zellen (Staubzellen) gebunden; letztere können ihrem anatomischen Charakter nach epitheliale und lymphoide sogenannte »Wanderzellen« sein. Teils aktiv teils passiv treten Staubmassen in den Alveolen zwischen den Epithelien hindurch und gelangen frei oder in Staubzellen in das Saftkanalsystem, von da in die Lymphgefäfse und in die Drüsen; in den vasis afferentibus findet sich Staub, in den efferentibus nicht. Man findet den Staub dann besonders massenhaft abgelagert im inter- und periinfundibulären, im peribronchialen und perisvasculären Bindegewebe, und in den subpleuralen Lymphgefäfsen. In das Blut gelangt der Staub durch Verwachsung von anthrakotischen Lymphdrüsen mit gröfseren Gefäfsen und Durchbruch in dieselben, oder Arnold fand Staubablagerung nicht nur in der Adventitia, namentlich der Arteria pulmonalis, sondern auch nach innen vom Adventialraum in der Media und Intima, in letzterer bis an das Endothel heranreichend und zwar nicht einzelne Körner, sondern gröfsere Staubhaufen. Die Arterienwand ist dort stark atrophisch. Arnold hat das sehr häufig und in grofser Ausdehnung gesehen, so dafs der Übertritt ins Blut auf diesem Wege der wahrscheinlichste ist. Die Villaretsche Behauptung der Aufnahme des Staubes durch den Darmkanal bestreitet Arnold auf Grund seiner Versuche entschieden. Soyka und von Ins bestätigten dann noch, dafs die weifsen Blutkörperchen die Staubmoleküle aufnähmen.

Staub ist in den meisten Brust- und Bauchorganen gefunden. Die Entlastung der Lunge von Staub nach Sistierung der Einatmung erfolgt teils durch Expektoration teils auf dem Wege des Lymphstroms nach den Bronchialdrüsen hin.

Die Symptome der Anthracosis sind meist = 0. Seltmann sagt: bekannt ist jedem Grubenarzt, dafs selbst die höheren Grade ohne alle Symptome verlaufen können. In vorgeschritteneren Stadien ist Husten, Auswurf, Dyspnoe, chronischer Bronchialkatarrh, Emphysem, Dilatation und Hypertrophie des rechten Herzens, Venenstauungen, Leberschwellung, Ödeme beobachtet.

Die Kohlenarbeiter erfreuen sich unter allen Staubarbeitern der besten Gesundheit. Nach Hirt litten von 100 Erkrankten an Phthise:

26% Arbeiter, die anorganischen Staub inhalieren
17 » » » organischen » »
11 » » » gar keinen » »
1,3 » » » Kohlenstaub » »

Nur 0,9% sämtlicher innerer Kranker der Bergleute Oberschlesiens litten an Tuberkulose. Von vielen Seiten wird sogar eine direkte Immunität für Tuberkulose für die Kohlenarbeiter behauptet.

Es lag nach den Befunden von Arnold und nach den grofsen Staubmengen, die in den Bunkern eingeatmet werden, der Gedanke nahe, ob sich gleich nach dem Kohlen bei den Heizern nicht Kohlepartikelchen im Blut finden würden. Es wurden daher bei Heizern, die eben in den Bunkern gewesen waren, und bei Matrosen vergleichende Blutuntersuchungen gemacht, bei denen sich im Blute der Matrosen nichts, in dem eines Heizers scharfkantiges schwarzes Pigment in den weifsen Blutkörperchen zeigte, welches als Kohle angesprochen wurde, ein Befund, den Prof. Grawitz, dem ich das Präparat zeigte, bestätigte.

Es ist also erwiesen — auch Arnold hat es bei seinen Versuchen mit Sicherheit nachgewiesen —, dafs bei Aufhören der Staubeinatmung die Lungen sich in relativ kurzer Zeit ent-

kohlen. Die Kohlenarbeiter atmen relativ wenig, aber täglich Kohlenstaub ein, der Kriegsschiffsheizer schlimmstenfalls alle 21 Tage höchstens 4 Stunden, aber dann sehr grofse Quantitäten. So hat der Heizer jedenfalls Zeit, zwischen den einzelnen Kohlenperioden, sich der grofsen Kohlenmengen wieder zu entäufsern, trotz weiter dauernder Heizraumarbeit.

Wenn man weiter in Betracht zieht, dafs der Kohlenstaub in den Lungen fast gar keine Krankheitserscheinungen macht, ja dafs Kohlenarbeiter sogar eine gewisse Immunität gegen Tuberkulose erwerben sollen, so scheint die Gesundheitsschädigung, die man nach der sehr erheblichen eingeatmeten Staubmenge für die Heizer für recht bedeutend halten sollte, eine sehr geringe zu sein, da der Körper aufser der Nase in den Lungen eine zweite Schutzvorrichtung hat, welche die die Nase passiert habende Kohle auch wieder hinausschafft.

Trotzdem hätte man sich umzusehen, ob man den Körper nicht unterstützen und die Schädlichkeit fernhalten oder verringern kann. Da wäre zu denken an:

1. Die Kohlen so nafs zu schütten, dafs sie nicht stauben. Dadurch ist aber die Gefahr der späteren Selbstentzündung gegeben. Dieses ist daher nicht ausführbar.
2. Die Heizer möglichst kurze Zeit in den Bunkern und sie häufig ablösen zu lassen. Das geschieht.
3. Den Staub abzusaugen. Dem stellen sich aber grofse technische Schwierigkeiten in den Weg.
4. Die Heizer Respiratoren tragen zu lassen.

Das ist bisher daran gescheitert, dafs die Respiratoren drückten und kniffen und die Atmung behinderten. Die Leute trugen sie deshalb nicht. Im Jahre 1900 sind dagegen Schwamm-Respiratoren (System Sarg) der Marine zur Verfügung gestellt, die allen Anforderungen entsprochen haben und von den Heizern gern getragen werden. Marine-Oberstabsarzt Dr. Davids hat darüber im Oktoberheft 1900 der »Marine-Rundschau« berichtet.[1]) Die Versuche fielen so günstig aus, dafs durch Verfügung des

1) Versuche mit Schwammrespiratoren (System Sarg), S. 1065.

Reichs-Marineamtes vom 17. XII. 01 die Masken eingeführt wurden. Davids sagt über den Effekt derselben a. a. O.: »Die Respiratoren waren bei der Arbeit vollständig schwarz geworden und in ihrer ganzen Dicke mit Kohlenstaub durchsetzt. Bei denjenigen Leuten, welche ohne solche gearbeitet hatten, waren die Nasenschleimhaut, die Schleimhaut der Mund- und Rachenhöhle und die Zunge mit einer dicken, schwarzen, fast ununterbrochenen Schicht von Kohlenstaub bedeckt. Bei denjenigen Heizern dagegen, welche die Respiratoren getragen hatten, zeigten diese Schleimhäute die gewöhnliche gesunde Röte, nur an einzelnen wenigen Stellen sah man auf ihnen kleine Kohlenstaubteilchen liegen. Der Unterschied war kolossal.«

Es ist daher ein die Erwartungen wohl sogar übertreffendes Mittel gefunden, das hoffentlich auf die Dauer hält, was es jetzt verspricht.

Über die drei anderen hygienischen Faktoren im Bunker: Temperatur, Feuchtigkeits- und CO_2-Gehalt wäre noch zu bemerken:

Die Temperatur schwankt zwischen 15,5° C. (Oktober) und 33° C. (Mai). Sie ist nicht oder nur wenig abhängig von der Jahreszeit. Das Mafsgebende ist, die Heizräume, die den Bunkern, wie geschildert, benachbart sind, und wieviel Heizräume (es gibt deren 4 zu je 3 Kesseln) in Betrieb sind. Eine Temperatur von 33° C. ist nicht übermäfsig, wenigstens für einen Heizer, der im Heizraum an manchmal höhere Temperaturen gewöhnt ist.

Der CO_2-Gehalt wächst und fällt nicht mit der Temperatur. Ich habe in der folgenden Tabelle IV den CO_2‰-Gehalt vom geringsten bis zum gröfsten und die dazu gehörigen Temperaturen und den Staubgehalt zusammengestellt:

Tabelle IV.

Lfd. Nr.	Nr. der Tabelle I	CO_2-Gehalt	Temperatur ° C.	Staubgehalt mg	Datum
1	18	0,64	17°	—	23. X. 96
2	20	0,72	16°	—	11. XI. 96
3	12	0,76	29°	—	1. VIII. 96

Lfd. Nr.	Nr. der Tabelle I	CO_2-Gehalt	Temperatur ° C.	Staubgehalt mg	Datum
4	27	0,778	28°	322,2	20. VIII. 97
5	17	0,85	15,5°	2289,7	23. X. 96
6	14	0,90	28°	152,0	1. IX. 96
7	25	1,009	25,5°	382,2	20. VIII. 97
8	28	1,009	28°	648,7	20. VIII. 97
9	22 b	1,0701	24,5°	82,8	29. VII. 97
10	19	1,12	17°	—	11. XI. 96
11	22 a	1,1731	24,5°	82,8	29. VII. 97
12	26	1,19	27°	691,5	20. VIII. 97
13	9	1,2	27°	688,5	26. VI. 96
14	8	1,26	25°	—	26. VI. 96
15	24	1,3372	22°	205,8	29. VII. 97
16	15	1,34	25,5°	—	1. IX. 96
17	11	1,38	26°	—	14. VII. 96
18	2	1,66	23°	—	10. IV. 96
19	16	1,74	16°	—	23. X. 96
20	3	1,8	23°	—	10. IV. 96
21	23 b	1,9	25°	88,7	29. VII. 97
22	7	2,05	30°	208,0	26. VI. 96
23	23 a	2,1745	25°	88,7	29. VII. 97
24	4	2,46	33°	582,0	5. V. 96
25	1	3,05	17°	—	20. III. 96
26	5	3,78	22°	708,0	5. V. 96

Der CO_2-Gehalt ist an und für sich, wenigstens in der Mehrzahl der Fälle, nicht so schlecht. Doch für einen Raum, in dem körperlich schwer gearbeitet wird, ist er hoch. Deshalb darf von der Forderung 2 (S. 112), daſs die Heizer möglichst kurze Zeit in den Bunkern bleiben und häufig abgelöst werden, nicht abgegangen werden.

Der Feuchtigkeitsgehalt wurde so selten bestimmt, weil ich nur ein Assmannsches Aspirationspsychrometer hatte und der Kohlenstaub mir das Uhrwerk verdorben hätte.

Ein näheres Eingehen auf Temperatur, CO_2- und Feuchtigkeitsgehalt in diesen Räumen behalte ich mir für eine spätere Arbeit vor.

Über das Vorhandensein einiger schwerer Metalle in irdenen Geschirren und metallenen Gefäfsen entstammenden Nahrungsölen.

Von

Dr. **E. Bertarelli,**
Privatdozent.

Ins Deutsche übertragen vom Dozenten **A. Wihlfahrt,** Turin.

(Hygienisches Institut der Kgl. Universität Turin. Unter Leitung des Herrn Prof. Dr. L. Pagliani.)

Meine nachstehend ausgeführten Untersuchungen wurden durch einen Prozefs hervorgerufen, der vergangenes Jahr gegen den Besitzer einer Ölbäckerei einer der gröfsten Städte Italiens eingeleitet worden war. Es wurde dabei die Behauptung aufgestellt, dafs das zum Backen verwendete Öl Teile der nicht verzinnten Kupferpfanne losgelöst und infolgedessen einige Vergiftungsfälle herbeigeführt habe.

Etliche der gerichtlichen Sachverständigen bemerkten mit Recht, dafs die bromatologische und hygienische Literatur über eventuelles Vorhandensein schwerer Metalle in Nahrungsölen sehr dürftig sei und es ihnen somit wohl angebracht erscheine, systematische Nachforschungen anzustellen, die darauf hinausgehen, besonders vom praktischen hygienischen Gesichtspunkte aus darzulegen, ob wirklich die Gefahr vorliege, dafs die gewöhnlichen Nahrungsöle in irdenen lackierten Geschirren oder metallenen Gefäfsen deren schwere Metalle in hohem Grade aufzulösen imstande seien.

Derartige Forschungen mufsten sich naturgemäfs mit allen jenen Metallen beschäftigen, die gewöhnlich zur Fabrikation der Küchengeräte und zur Verzinnung verwendet werden und dann auch mit allen anderen, die eventuell als Bestandteile der Geschirrlacke in Betracht kommen konnten.

Wie bereits angedeutet, ist die bezügliche Literatur wenn nicht ganz, so doch fast negativ. Soweit es mir zu konstatieren möglich war, ist Redwood[1]) allein absichtlich dieser Frage näher getreten, als er über die Lösbarkeit einiger Metalle in Ölen für industrielle Zwecke Näheres zu erfahren suchte. Ein ganzes Jahr hindurch liefs er gut gereinigte und genau gewogene Zylinder verschiedener Metalle in verschiedene, Öle enthaltenden geschlossenen Röhren liegen. Darauf reinigte er die Metalle sorgsam und wog sie ein zweites Mal zwecks Feststellung der Gewichtsdifferenz resp. der an das Öl abgegebenen Metallquantität; zuletzt untersuchte er dann das Öl auf seinen Metallbestand.

Er fand dabei, dafs Olivenöl das Messing stark angreift, das Baumwollöl dagegen das Zinn, dass Rüböl auf Kupfer einwirkt und, wenn auch nur wenig, auch auf Zinn, Olivenöl jedoch nur schwach auf Blei etc.

Balland[2]) vervollständigte später (1892) diese Studien hinsichtlich des Aluminiums und wies nach, dafs Olivenöl dasselbe auch nach langwährendem Kontakte nicht angreift.

Das ist die ganze Literatur über die Gegenwart von Metallen in Ölen. Dagegen existiert dann eine sorgsam ausgeführte Arbeit von H. Fresenius und A. Schattenfroh[3]), die die Methoden zur Auffindung schwerer Metalle in Ölen bespricht, auf die ich noch später ausführlicher zurückkommen werde.

Soweit mir bekannt, hat kein anderer Autor weder in hygienischer noch in industrieller Richtung Nachforschungen dieser

1) Redwood, L'azione degli olii sui metalli. (Journ. Soc. Chem. Industr., 1886.)

2) Balland, im Annuario scientifico Industr., 1892.

3) Fresenius, H. und Schattenfroh, A., Über den Nachweis und die Bestimmung von Metallen in fetten Ölen. (Zeitschr. f. analyt. Chemie, 1895, Bd. 34.)

Art ausgeführt; selbst nicht Lehmann[1]) in seiner umfassenden Schrift über das Blei vom Standpunkte der Hygiene, noch Gautier[2]) in seiner Studie über das Blei und Kupfer in den Nahrungsmitteln, haben über die mögliche Gegenwart dieser Metalle in den Ölen besondere Nachsuchungen angestellt. Dieser letzte Verfasser spricht im Kapitel über Fleischkonserven nur ganz flüchtig von der Gegenwart der Metalle in den Ölen.

Bei meinen Versuchen bin ich folgendermaſsen verfahren. Zunächst experimentierte ich mit Oliven-, Rüben- und Sesamöl, — bekannter Herkunft — für dessen Reinheit ich volle Garantie hatte. Sodann wurde sämtlicher Öle Dichtigkeit und Acidität bestimmt.

Ein Teil eines jeden dieser Öle wurde zuerst in Gefäſse überbracht, deren Glasur mit den üblichen Reaktionen unzweifelhafte Spuren von Blei aufwiesen.

Einige Ölproben wurden in irdenen Gefäſsen für 10—20 bis 30 Tage stehen gelassen und dann in nachbeschriebener Weise auf Pb hin untersucht.

Andere in Gefäſse gesetzte Ölproben wurden bis zum Sieden erhitzt, daraufhin abgekühlt, und dann der Pb-Probe unterworfen. Wieder andere wurden erst nach 15—20tägiger Ruhe in den Gefäſsen erhitzt. Schlieſslich wurden auch einige mit der üblichen Quantität Essigsäure angesäuert, lange in Kontakt mit dem Firnis gehalten und dann zur Bestimmung herangezogen.

In ähnlicher Weise ging ich mit den metallenen Gefäſsen um. Als solche kommen hier in Betracht: Gut gereinigte Kupfergefäſse und verzinnte Gefäſse mit Legierungen verschiedenen Bleigehalts, von einfachen Bleispuren bis zu 16% Pb.

Ich wählte Verzinnungen bis zu besagter Höhe, weil aus einem vor kurzem in Turin verhandelten Prozeſs hervorging, daſs einige unehrliche Zinngieſser — und ihre Nachahmer dürften

---

1) Lehmann, K. B., Hygienische Studien über Kupfer. (Archiv für Hygiene, XXIV.)

2) Gautier, Le cuivre et le plomb dans l'alimentation et dans l'industrie au point de vue de l'hygiène. Paris, 1883.

nicht wenige sein — Zinnlegierungen mit ähnlich starkem Bleizusatz ausführten.

Die der Untersuchung unterstellten Legierungen waren im allgemeinen dreier Art, nur einige wenige anderer Zusammensetzung. Die erste enthielt Blei in kaum wahrnehmbaren Spuren, die zweite besafs 4% Pb und die dritte 16%.

Nach Beendigung aller dieser Nachforschungen untersuchte ich, ob in Wirklichkeit auch im Öle einiger Nahrungssubstanzen, die in verzinnten Metallbüchsen stehen — woselbst überdies fast immer etwas Kontakt zwischen dem Öl und der Verlötung der Büchse besteht — Spuren von schweren Metallen vorgefunden werden können. Diese Bestimmungen wurden an einer Reihe von eingebüchsten Nahrungsmittel-Konserven ausgeführt, die seinerzeit den Preisrichtern der letzten Turiner Ausstellung als Proben präsentiert worden waren.

Bezüglich der zur Auffindung des Pb, Cu und Sn in Ölen einzuschlagenden Weges befand ich mich vor einer kleinen praktischen Schwierigkeit. Es galt, die Technik zu finden, zur Unterscheidung der organischen Substanzen. In dieser Hinsicht lohnt es sich der Mühe, darauf hinzuweisen, wie einige Handbücher der Bromatologie, auch gut bekannte, in ohne weiteres erkenntliche Ungenauigkeiten fallen.

So rät das kleine Handbuch von Gigli[1]) (aufser der Veräscherung), die organische Substanz nach der klassischen Methode Fresenius-Babo zu zerstören, was aber unmöglich gelingt wegen der bekannten Kombination des Chlors mit der Ölsäure. Dieser Fehler wird von verschiedenen Handbüchern wiederholt.

Zweifellos ist es nicht gerade leicht, den praktischen Weg zu zeigen, der zur Zerstörung der organischen Substanz in den Ölen führt. Das einfachste Mittel wäre die Verbrennung; einige Metalle jedoch können in den Temperaturen, welchen man den Kohlenstoffrest sukzessiv zur Veraschung aussetzt, verflüchtigen und die Bestimmung könnte — besonders da es sich um die Spuren einiger Metalle handelt, irrtümlich negativ ausfallen.

1) T. Gigli, Latte, Cacio, burro, olii, grassi alimentari. Dumolar, 1885.

Die vorerwähnte klassische Methode kann also nicht in Gebrauch genommen werden, und ebensowenig die von Garnier[1]) ausgeführte Modifikation, der das Chlorat und die Salzsäure auf bekannte Weise durch gasige Salzsäure ersetzt. Aus klarliegenden Gründen kann auch die Methode Ponchet[2]) mit rauchender Salpetersäure und Kaliumbisulfat, noch die Methode von A. Willier[3]) nicht zur Anwendung kommen, während die Methode Gautier[4]) mit sukzessiver Behandlung mit Salpeter, Schwefel-Salpetersäure sich auch ziemlich schlecht eignet.

Viel besser dient das vorerwähnte Verfahren von H. Fresenius und A. Schattenfroh, das auch von Lehmann in seinem Handbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden empfohlen wird. Diese Verfasser lösen das Öl in einem dreifachen Volumen Äther, behandeln den gelösten Äther mit einem dreifachen Volumen verdünnter Salpetersäure, worauf sie dann in der Salpeterlösung die Metalle suchen. Zur Auffindung des Pb behandeln sie die Ätherlösung mit Schwefelsäure und erhalten so das Sulfat, das man scheiden und dann zu Kontrollversuchen verwenden kann.

Nach Aussage der Erfinder ist die Methode gut, fordert aber notwendigerweise eine Volumenverminderung des zu untersuchenden Öls. Ergründen wollte ich deshalb mit einigen einleitenden Probebestimmungen, die an Olen, deren Zusammensetzung mit Salzen der schweren Metalle, nach denen ich suchte, bekannt war, vorgenommen wurden, ob diese Methode wirklich viel empfindlicher ist als die andere Experimentierart, nach welcher zuerst das Öl karbonisiert, dann die Kohle zu Asche verwandelt und endlich in der Asche das Metall gesucht wird. Die angestellten Vergleichsproben — quantitative Bestimmungen fanden nicht statt sondern nur annähernde Prüfungen — haben ergeben, dafs die Methode für Cu empfindlicher ist als jene die vorherige Zerstörung der organischen Substanz verlan-

1) Journal Chim. Pharm. s. 28, V. Serie.

2) Assoc. Chimis. 1895.

3) Encicl. Selmi-Guareschi. Supplement, vol. 17, 1901.

4) Bullet. Coll. of Agric. Imper. Univ., vol. 24.

gende; weniger interessant sind die Fehler für Pb und noch weniger die für Sn.

Praktisch habe ich also stets die Zerstörung mittels Verkohlung des Öls angewandt. Die fein gepulverte Kohle wurde dann nach und nach verbrannt und die Asche mit HCl aufgenommen. In der sauren Lösung begann schliefslich nach den bekannten analytischen Methoden die Untersuchung auf Metalle.

Fiel das Experiment positiv aus, so liefs ich jedes andere Verfahren beiseite, im gegenteiligen Falle aber betrat ich andere Wege, d. h. I. Entweder wiederholte ich dieselbe Probe an nur karbonisiertem und nicht veraschtem Material, oder aber II. ich basierte meine Untersuchungen auf die Methode Fresenius und Schattenfroh.

Als meine Untersuchungen nach allen Methoden negatives Resultat ergaben, versuchte ich zuletzt noch die von Gautier bei seinen Forschungen über Blei und Kupfer in den Speisen verwandte. Ich verkohlte nämlich die Öle bei geringer Hitze und fügte ein wenig mit einigen Tropfen Schwefelsäure vermischte Salpetersäure hinzu, wobei der Zusatz der Salpetersäure jedoch erst erfolgte, wenn fast alles Öl spontan verbrannt war; der Kohlenrest wurde dann mit salpetersaurem kochenden Wasser erschöpft. Die noch übrig bleibende Kohle verkalkte ich langsam bei Rotglut, während ich das Waschwasser ausdampfen liefs. Die Kohlenasche wurde nun mit dem Evaporationsrest der Waschwasser vermischt und das Ganze mit überschüssiger Schwefelsäure behandelt. Nach erfolgter Erhitzung und Veraschung verdünnte ich den Rest mit Wasser, liefs es sieden, abkühlen und nach 24 Stunden filtrieren. Das Blei und Zinn blieben auf dem Filter.

Zur Auffindung des Pb liefs ich den Niederschlag einige Stunden lang mit Baryumhydratkrystallen kochen; die Sulfate gingen dabei in Oxyde über und man erhält definitiv Baryumbleiverbindung und Baryumzinnverbindung. Die Masse wird dann mit warmem und dem gleichen Volumen Wasser verdünnten H Cl aufgenommen und durch Glaswolle oder Asbest gefiltert. In der sauren Flüssigkeit hat man Pb, Cu, Sn und die sauern Sulfate. Man

wäscht nun den Rest mit verdünntem HCl und dann mit siedendem Wasser. In der sauern Flüssigkeit wird Pb und Sn mit einem Strahle von H_2S gefällt. Die mit schwefelsaurem Wasser gewaschene Sulfure behandelt man mit lauem, verdünntem Polyschwefelalkali, das nur den Schwefel von Sn löst; der Schwefel von Pb geht in Sulfat über, das man dann in H_2SO^4 aufnimmt, und dann vermittels Elektrolyse trennen oder mit andern Verfahren erkennen kann.

In einzelnen Fällen habe ich zur Auffindung des Kupfers auch die ziemlich sensible Bachsche Probe[1]), auf der Asche grofser Ölquantitäten versucht. Die Probe besteht in folgendem: Man läfst auf die gelöste Substanz äquimolekulare Quantitäten Formaldehyd und Hydroxylamin-Chlorhydrat in konzentrierter Lösung einwirken. Man verdampft dann die Lösung zu Schwefelsäure und erhält das Trioximidomethylenchlorhydrat, welches eine violette Färbung gibt. Die Reaktion ist auch mit Kupfersulfatlösungen von $^1/_{1000000}$ positiv.

Aufserdem habe ich auch die Reaktion Vitali[2]) untersucht, die wirklich äufserst empfindlich ist und darin besteht, dafs die zu prüfende Flüssigkeit bis zur Trocknung abgedampft wird, dann tropfenweise Bromwasser beigefügt und dann von neuem getrocknet wird. Im Falle der Gegenwart von Wasser erhält man einen schwarzen Rest wasserlosen Kupferbroms.

Bleiprobe: Die Öle, welche bei diesen und allen andern Nachforschungen, auch für die übrigen Metalle dienten, sind:

Olivenöl,	Dichtigkeit	0,9175,	Säuregehalt	(in	Ölsäure)	2,45 %
Sesamöl,	»	0,9223,	»	»	»	2,27 %
Rübenöl,	»	0,9129,		»	»	0,96 %

75 ccm jeden Öles bringt man in kleine glasierte irdene Gefäfse, deren Glasur nach den üblichen Proben sicher Bleianwesenheit ergibt.

1) Supplement zur Encicl. di Selmi, vol. 17, 1901.

2) Bullett. farmaceut. 1895.

Die verschiedenen Öle werden für 15—20 Tage in kaltem Kontakt gelassen, hierauf gieſst man das Öl in einen Tiegel. Mit Watte werden nun die den Gefäſsen noch anhaftenden Ölspuren abgenommen und die Wattestückchen selbst mit dem übrigen Öle vereinigt. — (Diese Vorsichtsmaſsregel, d. h. das Auffangen der am Gefäſse zurückbleibenden Ölspuren vermittelst Wattestückchen, ist sehr zweckmäſsig; in einigen Fällen war es diese Maſsregel allein, die zu einem positiven Resultat verhalf auf der Suche nach Metallen.) — Mit dem Ganzen werden dann die Versuche angestellt entweder durch Verkohlung oder durch Einäscherung nach erfolgter Verkohlung, teils auch mit einer Reaktion von Schwefelsäure auf die Ätherlösung desselben Öles, oder schlieſslich, und das speziell in konstant negativen Fällen, mit Hilfe der Methode Gautier.

Für die mit angesäuertem Wasser aufgenommene Asche und Kohle wurden die gewöhnlichen Reaktionen ausgeführt: Schwefelwasserstoffzugabe, Behandlung mit Jodkalium, Schwefelsäure und Chromkalium.

Die Nachforschungen gaben stets positives Resultat und erwiesen im Olivenöl nach dessen 15tägigem Kontakt mit den lackierten Gefäſsen, diskrete Bleispuren.

Analoge Proben werden auch mit Olivenöl angestellt, das man sofort in den irdenen Gefäſsen 10 Minuten lang kochen läſst, ohne es weiter mit dem Gefäſse in Kontakt zu lassen.

Die wiederholten Proben, die auf die verschiedenen Vorbehandlungsmethoden der Öle folgten, ergaben bezüglich des Auffindens des Pb negatives Resultat. Nur in einem Falle, nach langwährender Erhitzung des Öls, zeigen sich kleinste Spuren von Pb.

Zuletzt experimentiert man in der Weise, daſs man das Öl nach 10tägiger Ruhe in den Gefäſsen 15′ lang kochen läſst und dann in vorbesagter Weise im Öle nach Pb sucht.

So lassen sich immer bedeutende Spuren Pb im Öle erkennen. Identische Versuche werden angestellt, indem man dem Öl kleine Quantitäten Essigsäure dergestallt beifügt, daſs

man einen Totalsäuregehalt (in Ölsäure ausgedrückt) von 3,50% erzielt.

Unter diesen Umständen weist das Öl, sei es nun, dafs es einfach mit dem glasierten Gefäfs in Berührung kommt, sei es, dafs es sukzessiv in den Gefäfsen selbst erwärmt wird, sehr deutliche Spuren von Pb auf, die im zweiten Falle bedeutender sind als im ersten. Unter identischen Umständen wurden auch Sesamöl und Rüböl geprüft.

Beim Rüböl fanden sich nur dann Spuren von Pb, der Glasur der irdenen gefirnifsten Gefäfse entstammend, wenn sein Säuregehalt künstlich erhöht wurde, oder wenn das Öl nach langem Verbleiben in dem Gefäfse sukzessiv in demselben direkt erwärmt wurde.

Auch im Sesamöl kann man Pb nur dann finden, wenn es längere Zeit (15—20 Tage) mit dem Gefäfs in Kontakt bleibt. Doch handelt es sich dabei nur um schwache Bleispuren, die jedoch bedeutend stärker hervortreten, wenn man den Säuregehalt des Öles erhöht.

Gleichlaufende Proben wurden mit verzinnten Metallgefäfsen, deren Verzinnung innerhalb der bereits erwähnten Grenzen Blei beigefügt war, vorgenommen, d. h. die eine Zinnlegierung enthielt nur Spuren von Pb, die zweite 4% und die dritte 16%.

Bei allen Versuchen, bei denen die Öle direkt in den Behältern gekocht oder zuerst für 15—20 Tage mit der Verzinnung in Berührung gelassen und dann erhitzt wurden, zeigten sich stets Spuren Pb, bei Verzinnungen mit 16% Blei, Mengen, die dann enorm wurden, wenn man den Säuregehalt der Öle steigerte.

Mit 4proz. Verzinnung war die Bleiprobe nur positiv, wenn man die Öle lange in dem Gefäfs liefs oder nach Erhöhung der Acidität der Ole. Nach Verzinnungen mit kaum wahrnehmbarem Bleigehalte (die Bestimmungen des Pb in dieser Verzinnung nach der Methode von A. Seyda[1]) notierten Bleigehalt unter 0,38%), war die Reaktion in einem einzigen Falle positiv und zwar mit Olivenöl nach zweimonatlichem Kontakt

1) A. Seyda, Chem. Zentralbl., 1897, tome 2.

und künstlichem Säuregehalt. Doch auch da waren die Spuren kaum merkbar.

Von den drei untersuchten Ölsorten wiesen das Oliven- und Sesamöl immer gröfsere Blei-Quantitäten auf als das Rüböl.

Kupferprobe: Zur Ausführung derselben dienten die gleichen Öle.

Die Untersuchungsmethoden sind die oben angezeigten. Im allgemeinen machte ich zwei Bestimmungen für jede Probe. In der einen verfolgte ich meine Nachforschungen in dem durch Salzsäure gesäuerten Wasser, womit ich den Kohlenrest behandelte, während bei der andern Probe die Asche derselben Behandlung unterzogen wurde. Diese so mit Kohlenrest und Asche gebildeten Flüssigkeiten erfuhren die gewöhnlichen Reaktionen (Eintauchen der Stahlnadeln, Behandlung mit Ammoniak etc.) zwecks Demonstration des Kupfers. Nur im Falle eines Mifserfolgs versuchte ich dann — selbstverständlich unter Wiederholung der Proben mit neuem Öl — die von Bach-Vitali angeratenen Reaktionen sowie die Prüfung auf Ätherlösung.

Die Resultate der einzelnen Versuche gebe ich der Kürze wegen nicht. Summarisch ergab sich mir, dafs das bis zum Sieden erhitzte und in diesem Zustand während 10′ in gut gereinigten Kupferbehältern belassene Oliven- und Sesamöl nur in Ausnahmefällen Kupfer- und Metallspuren aufweist. Läfst man dagegen die Öle auch nur während weniger Tage in Berührung mit dem Kupfer, so hat man stets Metallspuren im Öle. Viel seltener ist dagegen das Vorhandensein von Kupfer im Rüböl, selbst nach wochenlangem Lagern in solchen Metallgefäfsen.

In jedem Falle aber sind die entdeckten Kupferquantitäten so gering, dafs die Tatsache an und für sich vom Gesichtspunkte möglicher Vergiftungen aus nur sehr wenig Bedeutung besitzt.

Zinnprobe: Im allgemeinen verbrannte ich zur Aufsuchung dieses Metalls die Öle, veraschte den Kohlenrest und behandelte die Asche mit konzentriertem HCl. Daraufhin wurde filtriert, das Filtrierte mit $HgCl_2$ behandelt. Auch die Angaben von Fresenius und Schattenfroh, die in der ätherischen Lösung nachsuchten, wurden befolgt.

Zur Probe des Sn wurden die Öle unter den verschiedensten Verhältnissen in die verzinnten Behälter gebracht, bald nach langem Kontakte zum Sieden gebracht, bald die natürliche Sauerstärke der Öle — selbstverständlich nicht exzessiv — erhöht (nicht über 4% Säuregehalt in Ölsäure), aber stets blieb das Resultat negativ.

Zuletzt schritt ich zur Auffindung des Pb und Sn im Öle verchiedener in Öl konservierter Nahrungsproben (Sardellen, Thunfisch, Salm etc.), wozu bedeutende Quantitäten Material verwendet wurden. Immer aber fiel die Untersuchung auf diese beiden Metalle hin negativ aus, ein Ergebnis, dem eine gewisse Bedeutung beizulegen ist, weil es sich ziemlich von dem entfernt, was Gautier in vielen in Metallschachteln oder flüssigen Substanzen konservierten Nahrungsmitteln angetroffen hat.[1])

Alles zusammenfassend komme ich also zum Schlusse, dafs es Tatsache ist, dafs einige Speiseöle, besonders aber Oliven- und Sesamöl, zuweilen unter besonderen Umständen (in langandauerndem Kontakt mit bleireichen Verzinnungen und Glasuren, Erhöhung des spontanen Säuregehalts, andauerndes Sieden in verzinnten Gefäfsen mit stark bleihaltigen Verzinnungslegierungen) Blei- und Kupferspuren enthalten können, die Quantität aber dieser im Öl enthaltenen Metalle nicht so hochgradig ist, dafs sie von vornherein die ernste Gefahr möglicher Intoxikationen zu rechtfertigen im stande wäre. Die einzige wirkliche Gefahr besteht nur da, wo die Verzinnungen einen hohen Bleisatz enthalten.

Wenn überhaupt noch eine andere Gefahr in Betracht käme, so wäre es schliefslich doch nur die, dafs der fortgesetzte Gebrauch solcher Metallspuren enthaltenden Öle diese erzeugen könnte; in Wirklichkeit aber dürfte sich dies doch kaum bewahrheiten.

1) Gautier hatte in bis einjährigen Fischkonserven, aber besonders Sardinen, pro Kilo 20—80 mg Pb gefunden. Das von mir untersuchte Material war nie älter als 4 Monate.

Es ist also deshalb empfehlenswert, zu verhindern, dafs die die Gegenwart von Metallen in Speiseölen fördernden Verhältnisse eintreten und ein Gebot der Vorsicht, in dieser Hinsicht und besonders bezüglich der Zusammensetzung der Verzinnung und der Firnisse die Anwendung der Gesetzesbestimmung und der Sanitätsvorschrift zu verlangen. Gleichzeitig aber ist auch jede exzessive Furcht vor möglichen, unter gewöhnlichen Umständen in Ölen anzutreffenden und Vergiftung bewirkenden schweren Metallen unangebracht.

Über das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien, sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel.

Von

Dr. **Max Müller,**

approb. Tierarzt aus Strafsburg i. E.

(Aus dem Institut für Hygiene und Bakteriologie der Universität Strafsburg.)

Die vorliegende Arbeit verdankt ihre Entstehung dem mir von Herrn Professor Forster erteilten Auftrage, einen ätiologischen Beitrag für die bei 0° erfolgenden Zersetzungsprozesse animaler Nahrungsmittel vom hygienischen Standpunkte aus zu erbringen.

Es soll also in den folgenden Ausführungen nicht die Biochemie der Zersetzungsprozesse eine eingehende Erörterung erfahren, sondern es soll hier der gegenwärtigen wissenschaftlichen Erfahrung gemäfs entschieden werden, welcher Art diese bei niederer Temperatur erfolgenden Zersetzungsprozesse sind, um hiernach gegebenen Falls weitere hygienische Mafsregeln vorschlagen zu können.

Nach dem zeitigen Standpunkte der Erkenntnis über das Wesen der Zersetzungsprozesse kommen zwei causale Momente in Betracht:

1. Die Zersetzungsprozesse durch die Tätigkeit der Bakterien,
2. die Zersetzungsprozesse durch die Wirksamkeit der tierischen Fermente.

Da jedoch das Wachstum und die Lebenstätigkeit der Bakterien bei 0° bis jetzt keine eingehenden Untersuchungen gefunden haben, so mufsten zunächst diese Fragen im Anschlufs an die früheren Befunde Prof. Forsters eine gewisse Erledigung finden.

Demgemäfs setzt sich die vorliegende Arbeit aus den folgenden Untersuchungen zusammen:

I. Wachstum der Bakterien bei 0°.
 a) Literaturreferat.
 b) Züchtung der bei 0° wachsenden Bakterien.
 c) Kulturelle Eigenschaften einiger dieser Bakterien.

II. Vergleichung der Vermehrungsintensität dieser Bakterien bei 0° und höheren Temperaturen, demonstriert durch die Anzahl der jeweiligen lebenden Bakterien und die Bestimmung ihrer Generationsdauer.
 a) Methodik der Generationsdauerbestimmung.
 b) Generationsdauertabellen.
 c) Beobachtungen über Anpassungserscheinungen der Bakterien beim Überimpfen.
 d) Verhalten der bei 0° wachsenden Bakterien bei Temperaturen unter Null.

III. Nachweise über das Zersetzungsvermögen einiger Bakterien in eiweifshaltigem Materiale bei 0° und 25° durch NH_3-, CO_2- und H_2S-Bestimmungen.

IV. Ablauf fermentativer Prozesse bei 0°, verglichen mit höheren Temperaturen.
 a) Versuche mit Pepsin, Trypsin, Diastase und Lab.
 b) Autolyse-Reifungsprozefs des Fleisches.

V. Schlufsfolgerungen bezüglich der Fleischhygiene.

I.

a) Die Vermehrungsfähigkeit gewisser Bakterien bei 0° wurde zuerst von Prof. Forster[1])*) beobachtet. Derselbe zeigte in der Sitzung der Niederländischen Akademie im Juni 1887 Reinkulturen von lichtproduzierenden, an Seefischen gefundenen Bakterien,

*) s. das Literaturverzeichnis am Schlusse.

welche gleichzeitig die Fähigkeit besafsen, sich noch bei 0° zu vermehren. Durch diese interessante Beobachtung veranlafst, prüfte Prof. Forster[2]) die Frage über das Vorkommen bei 0° wachsender Bakterien näher und fand, dafs dieselben nicht nur im Meerwasser sondern auch im Süfswasser und sonstigen Materialien (Milch, Fleisch, Erde etc.) anzutreffen waren. Das Resultat dieser Untersuchungen wurde dahin zusammengefafst, dafs

1. nur wenige Bakteriensorten aufgefunden wurden, welche bei 0° zu wachsen vermögen;

2. dafs jedoch von diesen Sorten häufig zahlreiche Individuen in unserer täglichen Umgebung sowie auf Nahrungsmitteln vorkommen.

So wurden z. B. folgende Zahlen in Materialien gefunden, welche bei 0° aufbewahrt worden waren:

In 1 ccm Kanalwasser bis 2000;
in 1 ccm Tümpelwasser unzählbare Massen;
in 1 ccm Handelsmilch bis 1000;
in 1 g Gartenerde bis 140000.

Diese Befunde hatten durch Prof. Forsters Mitarbeiter Bleekrode noch weiterhin eine Bearbeitung speziell unter Berücksichtigung der Nahrungsmittel gefunden, indes konnten die Resultate dieser Untersuchungen eingetretener Umstände halber nicht veröffentlicht werden.

Sodann hat Fischer[3]), durch den Befund Prof. Forsters veranlafst, gleichfalls Untersuchungen über das Wachstum der Bakterien bei 0° angestellt und hierbei aus Wasser und Erde des Kieler Hafens 14 verschiedene, bei 0° wachsende Bakterien isoliert, deren kulturelle Eigenschaften jedoch nicht veröffentlicht worden sind.

Die weiteren Literaturangaben beschränken sich nur auf kurze Mitteilungen:

So bestätigt Havemann[4]) den Befund über das Vorkommen bei 0° wachsender Bakterien im Sielwasser und den oberen Erdschichten. — Glage[5]) macht auf die Wachstumsfähigkeit der

Bakterien, welche in den Kühlräumen auf dem Fleische parasitieren, bei 0° aufmerksam. — Schmidt-Nielsen[6]), welcher im hiesigen Institute eine Anzahl bekannter Bakterienarten auf ihre Vermehrungsfähigkeit bei 0° prüfte, fand bei fünf Bakterien der Strafsburger Wasserleitung (Bacterium fluorescens non liquefaciens; B. granulosum; B. paracoli gasoformans anindolicum; B. radiatum; B. tarde fluorescens) in 10 bis 40 Tagen deutliches und bei einigen Actinomyceten in 80 Tagen schwaches Wachstum. Schmelk[7]) berichtet über das ständige Vorkommen des Bacillus fluorescens liquefaciens im Eiswasser der norwegischen Gletscher und glaubt die eigenartig grüne Färbung des Gletscherwassers in Zusammenhang mit dem Vorkommen dieses Bacteriums bringen zu können. — Prof. Forster (mündliche Mitteilung) hat dann weiterhin die eigentümliche Tatsache konstatiert, dafs auch der Pestbacillus, dieser fast ausschliefslich in tropischen Gegenden stationäre Krankheitserreger, gleichfalls bei 0° zu wachsen vermag. — Conradi und Vogt[8]) sowie B. Fischer[9]) haben die gleiche Eigenschaft bei weiteren pathogenen Mikrobien beobachtet; erstere bei dem Bacillus proteus fluorescens, letzterer bei einem geschwürbildenden Commabacillus.

Dafs die Wachstumsfähigkeit von Bakterien bei 0° eine spezifische Eigenart bestimmter Bakterien ist, welche auch durch allmähliche Anpassung an niedere Temperaturverhältnisse nicht zu erreichen ist, ergibt sich aus Versuchen von W. Brehme[10]) und A. Dieudonné.[11]) Ersterer versuchte im hiesigen Institute durch wiederholtes Gefrieren und Auftauenlassen der Kulturen von Vibrio cholerae und Bacterium typhi eine gegen niedere Temperaturen resistente Generation dieser Bakterien heranzuzüchten, erzielte jedoch einen völlig negativen Erfolg. Letzterer suchte durch sukzessives Herabsetzen der Temperatur von 0,5 zu 0,5 Grad den Milzbrandbacillus nach einer gröfseren Anzahl von Generationen allmählich an niedere Temperaturen zu gewöhnen und konnte auf diese Weise die untere Wachstumsgrenze bis auf + 10° C. herabdrücken, während weitere Versuche bei noch niederer Temperatur mifslangen. Da nach den Untersuchungen Weils[12]) im hiesigen Institute die untere Wachstumsgrenze für

den Milzbrandbacillus an und für sich schon + 12° beträgt, so mufs die von Dieudonné erzielte Anpassungsfähigkeit des Milzbrandbacillus an niedere Temperaturen als eine minimale bezeichnet werden.

b) Um die bei 0° wachsenden Bakterien züchten zu können, bedarf es zunächst eines Raumes, in welchem die zu untersuchenden Materialien und die zu prüfenden Kulturen einer ständigen Temperatur von 0° ausgesetzt sind. Das hiesige Institut besitzt einen zu diesem Zwecke angefertigten Eiskalorimeter, dessen Konstruktion aus dem schematischen Durchschnitt (s. Fig. 1 auf folgender Seite) ersichtlich ist, und in dessen Aufbewahrungsraume *b* die Temperatur konstant 0° beträgt. Der Kalorimeter besteht aus einem innen mit Kupfer ausgekleideten Holzbottich, in welchem zwei gleichfalls mit Deckel versehene verschieden grofse Kupferbüchsen konzentrisch eingeschaltet sind. Die gröfsere Büchse läuft nach unten trichterförmig zu und enthält an der Ansatzstelle des trichterförmigen Teiles ein Kupferkreuz, auf welchem die kleinste, als Aufbewahrungsraum dienende Büchse *b* ruht. Der Bottich und die gröfsere Büchse *a* werden ständig mit Eis angefüllt erhalten. Bei Aufstellung dieses Kalorimeters an einem kühlen Orte genügt es, das geschmolzene Eis des Bottichs in warmen Jahreszeiten alle 24 Stunden, — in kälteren alle 2 bis 3 Tage zu ersetzen. Bereits in der Büchse *a* erfolgt das Schmelzen des Eises in so geringer Weise, dafs hier meist nur alle 2 bis 3 Wochen ein geringes Nachfüllen zu erfolgen hat. Das Schmelzwasser fliefst durch eine im Boden des Bottichs befindliche und unter Wasserverschlufs endigende Öffnung ab. Die Prüfung der Temperatur in der als Züchtungsraum dienenden Büchse *b* erfolgte mittels eines von Prof. Forster konstruierten Maximumthermometers. Dieser in Fig. 2 veranschaulichte Thermometer mit abgebrochener Quecksilbersäule wurde in der Weise benutzt, dafs der Index durch eine in *b* eingefüllte Kältemischung zunächst unter 0° gestellt wurde, worauf der Thermometer sofort dem Kalorimeter übergeben wurde. Nach längerem Verweilen nimmt dann die Kältemischung allmählich

die hier herrschende Temperatur an, welche durch den Stand des Indexes angegeben wird. Um nun durch das Hinausheben des Thermometers den im Kalorimeter erreichten höchsten Stand des Indexes nicht zu verändern, wird sofort nach dem Öffnen des Aufbewahrungsraumes eine frisch bereitete Kochsalzeislösung in den Trichter *a* gegossen, wodurch die Quecksilbersäule wieder stark verkürzt wird, während der abgebrochene Faden

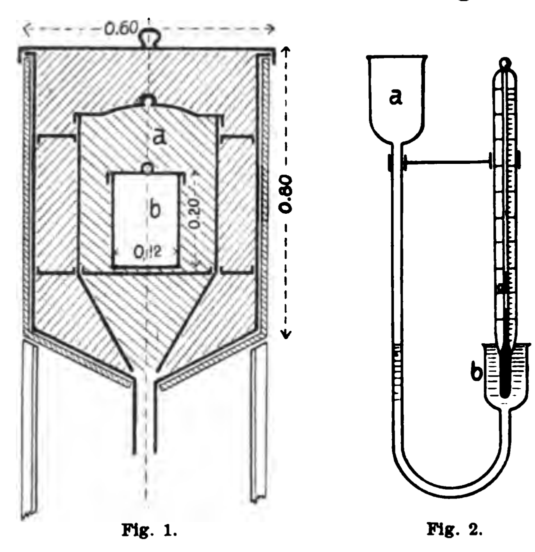


Fig. 1. Fig. 2.

stehen bleibt; nach dem Herausnehmen ist nun ein bequemes und genaues Ablesen ermöglicht. Die so erfolgte Prüfung der Temperatur im Aufbewahrungsraume ergab stets genau Null Grad.

Das Züchten der bei 0° wachsenden Bakterien wurde auf folgende Weise vorgenommen:

In ein Reagensröhrchen mit Löfflerscher Bouillon wird eine geringe Menge des zu untersuchenden Materiales — gleichgültig ob fest oder flüssig — gebracht und das Röhrchen sofort dem Kalorimeter übergeben. Falls die Bouillon durch das Material keine Trübung erfährt, wird man nach durchschnittlich acht Tagen eine deutliche Bakterientrübung und nach weiteren acht bis vierzehn Tagen eine Bakteriensedimentierung am Boden des Glases bemerken können. Um aus diesem Bakteriengemische diejenigen zu gewinnen, welche sich bei 0° am schnellsten

vermehren, kann man von Zeit zu Zeit eine gewisse Menge der trüben Bouillon in ein frisches Röhrchen überimpfen. Dieses Überimpfen auf frische Bouillon nach einer gewissen Zeit empfiehlt sich besonders in denjenigen Fällen, in welchen die Stammbouillon bereits durch die eingebrachten Materialien eine solche Trübung erfahren hat, dafs das Wachstum von Bakterien nicht erkannt werden kann. Die verschiedenen in dieser Bouillon enthaltenen Bakteriensorten sind durch das Kochsche Plattenverfahren leicht in Reinkulturen zu erhalten und können sodann einer genauen Prüfung auf ihre kulturellen Eigenschaften unterzogen werden.

Das Züchten obligater Anaerobier stöfst wegen der beschränkten Raumverhältnisse des Kalorimeters auf gewisse Schwierigkeiten, infolgedessen konnte ihre Gewinnung nur durch das Verfahren mit hoher Gelatine- und Agarschicht versucht werden.

Nach 3 bis 4 Wochen kann man in diesen Kulturen eine mehr oder minder grofse Anzahl von Kolonien, die zum Teil Gasbildung zeigen, deutlich erkennen. Die weitere Prüfung zahlreicher dieser Kolonien mittels des tiefen Stiches ergab jedoch, dafs immer nur fakultative Anaerobier gewachsen waren.

An Materialien wurden untersucht: Hackfleisch: Fischfleisch; Darminhalt vom Fische; Milch; Gemüse; Mehl; Gartenerde und jauchige Erde.

Um das Vorhandensein von Mikroorganismen, welche bei 0° wachsen, auch in der Luft nachzuweisen, wurde eine Petrische Schale mit erstarrter Gelatine 6 Stunden lang offen im Zimmer stehen gelassen, sodann geschlossen und in den Kalorimeter verbracht. Nach fünf Wochen wurden die ersten Kolonien erkennbar.

Aus diesen Materialien wurden, ohne dieselben zu erschöpfen, 36 Bakteriensorten in Reinkultur gezüchtet und kulturell näher bestimmt. Von diesen Bakterien entfallen auf die einzelnen Materialien: Fleisch 10; Fisch 4; Milch 4; Mehl 2; Gemüse 4: Erde 9 und Luft 3 verschiedene Arten.

Die Identifizierung dieser Mikroorganismen wurde nach der bakteriologischen Diagnostik von Migula versucht, indessen erwiesen sich die meisten als bisher noch nicht beschrieben.

c) Von bekannten Bakterien wurden gefunden:

1. Bacillus fluorescens liquefaciens in 4 verschiedenen Stämmen:

Stamm a) Gelatine sehr schnell verflüssigend im Fischfleisch
» b) » weniger » » » Hackfleisch
» c) » langsam » in der Milch.

a, b und c verflüssigen das erstarrte Blutserum.

Stamm d) Gelatine langsam, Blutserum nicht verflüssigend im Gemüse.

2. Bacillus fluorescens non liquefaciens in der Milch.
3. Mikrococcus flavus tardigradus } in der Luft.
4. » carneus } in der Luft.

Die Aufstellung einer besonderen Nomenklatur für die nicht beschriebenen Arten schien uns in Anbetracht des Umstandes, dafs sich die Zahl dieser Bakterien vermutlich noch weiter vermehren läfst, hier nicht erforderlich. Da die kulturellen Eigenschaften ein rein bakteriologisches Interesse besitzen, so nehme ich von einer Veröffentlichung derselben an dieser Stelle Abstand und lasse nur diejenigen folgen, welche eine nähere eingehende Untersuchung über ihre Vermehrungsintensität und Zersetzungsfähigkeit gefunden haben:

Bacterium A.

Fundort:	Darminhalt des Aales.
Form u. Gröfse:	Schlanke Stäbchen mit geraden Enden; häufig in Diploformen auftretend. 1—2 μ lang; 0,2—0,3 μ breit;
Beweglichkeit:	Sehr lebhaft. Selbst bei 60 facher Vergröfserung erkennt man in den flachverflüssigten Kolonien eine deutliche randwärts gerichtete Strömung als Ausdruck der Bewegung.
Sporen:	Nicht nachweisbar.
Gramfärbung:	Negativ.
Temperaturen:	0°—30°; bei 37° äufserst kümmerliches Wachstum. Optimum 20—25°. Gelatinestrich zeigt bei 0° nach 3 Tagen deutliches Wachstum und nach 16 Tagen Verflüssigung der Gelatine.
Sauerstoffbedürfnis:	Aerob und fakultativ anaerob.

Gelatine:	Wird verflüssigt. Das Verflüssigungsvermögen zeigt eine ausgesprochene Tiefenwirkung. Platte: Anfangs grauweisse, rundliche Kolonien, welche bei 60facher Vergrösserung ein braunes Zentrum erkennen lassen. Nach 24—30 Stunden verlieren die Kolonien ihre Struktur, sinken in die Gelatine ein und verflüssigen dieselbe lochförmig. Die Kolonien zeigen alsdann von der Oberfläche betrachtet, eine graue Farbe; von der Glasseite aus einen schönen goldgelben Glanz. 60fach vergrössert sind die Kolonien rundlich geformt und besitzen einen schwach gezähnten Rand. Die Randpartien reflektieren das Licht sehr stark, erscheinen infolgedessen fast schwarz, während das Zentrum goldgelb durchleuchtet wird. Die punktförmigen tiefen Kolonien sind 60fach vergrössert: rundlich, glattrandig und von brauner Farbe. — An den nur mit einer dünnen Gelatineschicht bedeckten Stellen erscheinen die Kolonien hellgrau durchscheinend, die Gelatine flächenförmig verflüssigend. Strich: Schmaler grauweisser Belag, welcher innerhalb zweier Tage die Gelatine tief rinnenförmig verflüssigt. Stich: Anfangs durchscheinendes Wachstum. An der Oberfläche setzt eine lochartige Verflüssigung ein, welche bis zur Kuppe des Glases fortschreitet.
Bouillon:	Diffuse Trübung; Bildung eines geringen, späterhin rosafarbigen Niederschlages.
Agar:	Platte: Runde, blaugrün durchscheinende Kolonien von 3 bis 5 mm Durchmesser. 60fach vergrössert: hellgelb durchscheinend und von flockiger Struktur. Die anfangs grauweissen, späterhin hellbraunen runden tiefen Kolonien sind bei 60facher Vergrösserung kreisrund und anfangs hellgelb, späterhin braun durchscheinend. Strich: Anfangs flacher glänzender grauer Belag, nach 3—4 Tagen hellbraun, nach ca. 7 Tagen schwach rosafarbig.
Blutserum:	Rosafarbiger Belag, welcher das Serum anfangs rinnenförmig und schliesslich vollständig verflüssigt.
Kartoffel:	Fleischfarbiger, dünner glänzender Belag.
Milch:	Wird langsam ohne vorherige Gerinnung peptonisiert.
Säurebildung: Gärung:	} erfolgen nicht in Traubenzuckerbouillon.
Indolbildung:	Positiv in alten Bouillonkulturen.
Farbstoffbildung:	Auf Agar und Serum rosafarbiger, auf Kartoffel fleischfarbiger Belag.
Besondere Eigenschaften:	Das Bakterium bildet in intensiver Weise Schwefelwasserstoff. In frisch geimpfter Bouillon ist bereits nach 24 Stunden eine deutliche Schwärzung des im Kulturröhrchen hängenden Bleipapieres zu konstatieren.

Bacterium B.

Fundort:	Jauchige Erde.
Form u. Gröfse:	Stäbchen mit abgerundeten Enden; 1—1,5 zuweilen bis 2,5 μ lang, 0,3—0,4 μ breit. Diploformen häufig, zuweilen Ketten bis zu 30 Gliedern.
Beweglichkeit:	Sehr lebhaft.
Sporen:	Nicht nachweisbar.
Gramfärbung:	Negativ.
Temperaturen:	0°—30°; bei 37° kein Wachstum; Optimum ca. 30°.
Wachstums-schnelligkeit:	Erfolgt schnell; bei 0° zeigt der Gelatinestrich nach 3 Tagen deutliches Wachstum und nach 6 Tagen beginnende Verflüssigung.
Sauerstoff-bedürfnis:	Obligat aerob.
Gelatine:	Wird rasch verflüssigt.
	Platte: Bereits nach 14 Stunden deutlich sichtbare grau durchscheinende rundliche Kolonien, welche die Gelatine schnell tellerförmig verflüssigen. 60fach vergröfsert erscheinen die Kolonien infolge starker Reflexion des Lichtes grauschwarz glänzend. Im Zentrum bemerkt man eine grobe, nach der Peripherie zu feiner werdende Körnung. Die punktförmigen tiefen, bläulich durchscheinenden Kolonien sind 60fach vergröfsert, von hellgelber Farbe und reflektieren das Licht gleichfalls, besonders in der Randzone sehr stark.
	Strich: Zeigt bereits nach 4 Stunden eine beginnende Verflüssigung.
	Stich: Innerhalb 24 Stunden intensive trichterförmige Verflüssigung.
Bouillon:	Trübt sich schnell diffus unter Bildung eines reichlichen Bodensatzes und eines festen grauen Oberflächenhäutchens.
Agar:	Platte: Nach 24 Stunden runde, flache, farblose, bläulich irisierende Kolonien. Nach ca. 48 Stunden beginnt der Rand sich wallförmig aufzuwerfen; die flache zentrale Partie nimmt allmählich eine deutlich granulierte Oberfläche an. Bei 60facher Vergröfserung zeigt die Randzone eine gleichmäfsig hellbraune Färbung. Die zentrale Partie ist gleichfalls von hellbrauner Färbung, reflektiert jedoch infolge der unebenen Oberfläche das Licht aufserordentlich verschieden. Das Bild ähnelt infolgedessen ganz auffallend einem in Schwefelsäure getauchten Stücke Zinkblech.
Blutserum:	Anfangs schmutzig gelber, späterhin schmutzig rosafarbiger Belag, welcher das Blutserum allmählich vollständig verflüssigt.

Kartoffel:	Farbloser, schmieriger, glänzender Belag.
Milch:	Wird ohne vorhergehende Gerinnung peptonisiert.
Säurebildung:	Erfolgt } in Traubenzuckerbouillon.
Gärung:	Erfolgt nicht } in Traubenzuckerbouillon.
Indolbildung:	Negativ.
Fluoreszenz-erscheinung:	Die Agar-, Gelatine- und Bouillon-Kulturen zeigen bei höheren Temperaturen wie auch bei 0° eine dunkelgrüne Fluoreszenz.

Bacterium C.

Fundort:	Hackfleisch.
Form u. Gröfse:	1—1,5 μ lange, 0,5—0,75 μ breite Stäbchen mit abgerundeten Enden. Diploanordnungen häufig; Kettenverbände bis zu 8 Gliedern in jungen Kulturen beobachtet.
Beweglichkeit:	Nicht vorhanden.
Sporen:	Nicht nachweisbar.
Gramfärbung:	Negativ.
Temperaturen:	0°—37°; Optimum ca. 30°.
Wachstums-schnelligkeit:	Bei höheren Temperaturen schnell; Gelatinestrich zeigt bei 0° nach 6 Tagen deutliches Wachstum; eine Verflüssigung der Gelatine beginnt nach ca. 20 Tagen.
Sauerstoff-bedürfnis:	Aerob und anaerob; in letzterem Falle findet Gasbildung statt
Gelatine:	Wird schnell verflüssigt. Platte: Zeigt bei 25° grauweifse, die Gelatine schnell verflüssigende Kolonien. Bei 10° gewachsen erscheinen die Kolonien als flache grauweifse blattartige Kolonien mit einer fast farblosen feingekerbten Randzone. Die Oberfläche ist glänzend und etwas uneben; im durchfallenden Lichte bemerkt man eine lebhafte bläuliche Fluoreszenz. Bei 60facher Vergröfserung erscheinen die Kolonien von hellbrauner, nach dem Rande zu an Intensität abnehmender Farbe und lassen eine deutliche feine Granulation erkennen. Die grauweifsen hirsekorngrofsen tiefen Kolonien sind bei 60facher Vergröfserung von tiefbrauner Farbe und von runder oder ovaler Gestalt. Strich: Weifslicher, die Gelatine schnell verflüssigender Belag. Stich: Zeigt bereits nach 24 Stunden eine bis zur Kuppe reichende trichterförmige Verflüssigung.
Agar:	Platte: Glänzende, weifse, halbkugelige, bei 60facher Vergröfserung bräunliche, ganzrandige, feingranulierte Kolonien. Die kleinen scheibenförmigen tiefen Kolonien sind 60fach vergröfsert, von hellbrauner Färbung.

	Strich: Üppiger, dicker, speckigglänzender, weifser Belag, welcher nach 8—10 Tagen eine glasige Beschaffenheit annimmt.
Bouillon:	Stark diffuse Trübung. Häutchenbildung an der Oberfläche, sowie Bildung eines reichlichen lockenförmig aufwirbelnden Bodensatzes.
Blutserum:	Dünner weifslicher Belag, welcher allmählich das ganze Serum verflüssigt.
Kartoffel:	Weifser schmieriger. glasglänzender Belag.
Milch:	Wird schnell koaguliert.
Säurebildung: Gärung:	Erfolgen in Traubenzuckerbouillon; bei 0° nach 14 Tagen Gärung bemerkbar.
Indolbildung:	Negativ.
Besondere Eigenschaften:	Die verflüssigten Gelatinekulturen, sowie die Bouillonkulturen zeigen nach einigen Tagen einen käseartig stinkenden Geruch.

Bacterium D.

Fundort:	Hackfleisch.
Form u. Gröfse:	1—1,5 μ lange, 0,5—0,75 μ breite Stäbchen mit abgerundeten Enden, welche häufig zu Diplostäbchen, zuweilen auch zu kurzen Ketten bis zu 5 Gliedern vereinigt sind.
Beweglichkeit:	Ist eine sehr lebhafte. Auch der hängende Tropfen aus einer bei 0° gewachsenen Bouillonkultur läfst bei einer Witterungstemperatur von — 2° C. deutliche Beweglichkeit erkennen.
Sporen:	Nicht nachweisbar.
Gramfärbung:	Negativ.
Temperaturen:	0°—30°; bei 37° kein Wachstum; Optimum ca. 25°.
Wachstumsschnelligkeit:	Wächst schnell; bei 0° zeigt der Gelatinestrich nach 2 Tagen deutliches Wachstum.
Sauerstoffbedürfnis:	Aerob.
Gelatine:	Wird nicht verflüssigt.
	Platte: Unregelmäfsige, blattförmige, grauweifs durchscheinende, im durchfallenden Lichte lebhaft bläulich irisierende Kolonien bis zu 1 cm Durchmesser. Bei 60 facher Vergröfserung zeigen die Kolonien eine im Zentrum hellbraune Färbung, welche nach der Peripherie zu an Intensität abnimmt. Häufig ziehen vom Zentrum aus haarlockenähnliche Linien nach dem Rande zu. Der Rand ist unregelmäfsig lappig. Die gelblichen bis hirsekorngrofsen tiefen Kolonien erscheinen bei 60 facher Vergröfserung als kreisrunde Gebilde von tiefbrauner Farbe.

	Strich: Flacher, glänzender, weifser Belag mit klein gelappten Rändern.
	Stich: Schwach entwickelter durchscheinender Stich nebst rundlichem weifsen Oberflächenbelag.
Bouillon:	Diffuse Trübung nebst flockig aufwirbelndem Bodensatz.
Agar:	Platte: Rundliche glänzende weifse Kolonien, welche 60 fach vergröfsert von hellbrauner Farbe und fein granuliert erscheinen. Die kleinscheibenförmigen tiefen Kolonien irisieren schwach bläulich und zeigen mikroskopisch gleichfalls eine hellbraune Färbung.
	Strich: Breiter, weifser, glänzender Belag.
Blutserum:	Dünner, farbloser, glänzender Belag.
Kartoffel:	Dicker, glänzender, schmutziggelber Belag.
Milch:	Wird nicht verändert.
Säurebildung:	Erfolgt } in Traubenzuckerbouillon.
Gärung:	Erfolgt nicht } in Traubenzuckerbouillon.
Indolbildung:	Negativ.

Aufser den Bakterien wurden folgende Mikroorganismen beobachtet, welche bei einer Temperatur von 0° noch zu wachsen im stande sind:

1. Mucor (Mucor mucedo?). Fundort: Luft.
2. Penicillium (Penicillium glaucum?). Fundort: Luft.
3. Oidium. Fundort: Mehl.
4. Blastomycet. Fundort: Milch.

Die Untersuchungen über das Vorkommen und die kulturellen Eigenschaften der bei 0° wachsenden Bakterien gestatten weiterhin folgende Schlufsfolgerungen:

1. Die bei 0° wachsenden Bakterien finden sich ubiquitär in zahlreichen Arten vertreten.
2. Das Optimum für dieselben liegt nicht unter 20° C.
3. Bei 37° zeigen die meisten derselben entweder gar kein oder nur ein sehr kümmerliches Wachstum.
4. Die kulturellen Lebensäufserungen sind bei 0° die gleichen wie bei höherer Temperatur, erfolgen jedoch mit verminderter Intensität.

In der Literatur sind die bei 0° wachsenden Bakterien als »psychrophile« oder »rhigophile« bezeichnet worden — eine

Benennung, die nicht korrekt ist. Von einer kälteliebenden Eigenschaft dieser Bakterien kann ihrem ganzen kulturellen Verhalten nach keine Rede sein; dieselben besitzen lediglich eine bei 0° noch erfolgende Vermehrungsfähigkeit, die bei Temperaturen von 20 bis 30° stets gröfser als bei niederen Temperaturen ist. Wenn die bei 0° noch wachsenden Bakterien nach dieser besonderen Fähigkeit benannt werden sollen, so ist die von Prof. Forster in der Vorlesung gebrauchte Bezeichnung als »glaciale Bakterien« den anderen als die bessere vorzuziehen.

II.

a) Die Vermehrung der Bakterien besteht in einer Zweiteilung des Zelleibes. Der Zeitraum, innerhalb dessen dieser Vorgang abläuft, wird als Generationsdauer bezeichnet. Da nun die Vermehrung der Bakterien bei gleich günstigen Wachstumsbedingungen je nach der herrschenden Temperatur schneller oder langsamer verläuft, so mufs sich auch ihre Generationsdauer in proportionaler Weise verändern. Die Vermehrungsintensität drückt sich also zahlenmäfsig in dem entsprechenden Generationsdauerwerte aus. Das kulturelle Verhalten eines Bakteriums läfst jedoch deutlich erkennen, dafs auch bei konstanter Temperatur die Vermehrung mit zunehmender Schnelligkeit einsetzt, um dann schliefslich nach Erschöpfung oder Veränderung des Nährbodens zu sistieren. Es ist also auch die Vermehrungsintensität in einem gegebenen Medium bei konstanter Temperatur in jedem Zeitpunkte eine verschieden starke, die ihren stärksten Grad erreicht hat, sobald die Generationsdauer am kürzesten geworden ist. Die Vergleichung dieser kürzesten Generationsdauerwerte gibt mithin auch einen vergleichenden Mafsstab für die stärkste Vermehrungsintensität bei den verschiedenen Temperaturen.

Von diesem Gedanken ausgehend, sollen die später folgenden Tabellen einen Einblick in das Wachstum der Bakterien bei 0° im Vergleich zu höheren Temperaturen gestatten.

Die Bestimmung der kürzesten Generationsdauer eines Bakteriums ist keineswegs einfach. — Nägeli[13]) war der Erste,

welcher die Vermehrungsintensität gewisser Bakterien festzustellen suchte. Derselbe bestimmte zu diesem Zwecke die von gährenden Bakterien in der Zeiteinheit gebildete Säuremenge und berechnete hieraus indirekt die Zahl der wirksamen Zellen. Da die Zahl der Aussaat bekannt war, so konnte hieraus die Zahl der Zellengenerationen mittels einer von Nägeli selbst angegebenen Gleichung bestimmt werden.

Nächst ihm haben H. Buchner, K. Longard und G. Riedlin gemeinschaftlich eine Methode bekannt gegeben, welche die Berechnung der Generationsdauer nach einer von ihnen aufgestellten Gleichung gestattet, und welche im Prinzipe auf der Wachstumsfähigkeit der Bakterien durch die Zweiteilung unter Zuhilfenahme des Kochschen Plattenverfahrens beruht.

Bestimmt man durch eine »primäre« Platte die Zahl der in der Kultur vorhandenen Bakterien, und durch eine »sekundäre« Platte die Zahl der nach einer gewissen Zeit vorhandenen Bakterien, so läfst sich unter Hinzuziehung der Zeit die Generationsdauer genau berechnen. Vorausgesetzt wird: 1. dafs das Bakterium sich in geometrischer Progression fortpflanzt, was bei den Stäbchen der Fall ist, und 2. dafs während der Bestimmungszeit kein Absterben der Bakterien erfolgt. Auch diese letztere Bedingung kann bei Versuchen von nicht allzulanger Dauer als erfüllt angesehen werden. Werden die Versuche über längere Zeit ausgedehnt, so müssen die erhaltenen Zahlen für die Generationsdauer als Maximalwerte angesehen werden.

Bezeichnet man die Zahl der Kolonien der primären Platte mit a, die der sekundären mit b, die Zahl der während des Versuches entstandenen Generationen mit n, die Zeit mit t und die Generationsdauer mit x, so ergibt sich x aus folgender Berechnung:

$$a \cdot 2^n = b$$

$$2^n = \frac{b}{a}$$

$$n = \frac{\log b - \log a}{\log 2}.$$

Da diese n Generationen in t Minuten entstanden sind, so braucht eine Generation $\frac{t}{n}$ Min. = Generationsdauer x

$$x = \frac{t}{n}$$

$$x = \frac{n \log 2}{\log b - \log a}.$$

Buchner, Longard und Riedlin impften 50 ccm Fleischwasserpeptonlösung und fertigten mit je 1 ccm der geimpften Flüssigkeit die Platten an. Aus den entwickelten Kolonien wurde mittels mikroskopischer Zählung von 10 bis 30 Feldern die Gesamtzahl bestimmt.

Auf diese Weise fanden die genannten Autoren für den Vibrio cholerae eine zwischen 19,3 und 40,0 Min. schwankende Generationsdauer.

Diese Werte sind gelegentlich weiterer Generationsdauerbestimmungen (Müller[15]), Hehewerth[16]) sowie von den Autoren selbst bereits diskutiert worden, ohne dafs man die nächstliegende Fehlerquelle erkannt hat. Meiner Erfahrung nach liegt die Erklärung für diese grofsen Schwankungen in den B. L. R.'schen Versuchen hauptsächlich in der Anfertigung der Platten mit zu grofsen Mengen (1 ccm), wodurch die sekundären Platten eine viel zu grofse Dichtigkeit und ungleichmäfsige Verteilung der Bakterien erhielten. Das Zählen von nur 10 bis 30 — 0,0156 qmm grofsen Feldern auf einer Platte von 80 qcm (= 512 820 Gesichtsfelder) und einer Kolonienzahl von 5—10 Millionen mufs bei Ausschlufs jeder weiteren Fehlerquelle variabele Werte geben. Eine Bestätigung für die Richtigkeit dieser Ansicht ergibt sich aus den Generationsdauerbestimmungen von F. Basenau[17]) über den Bacillus bovis morbificans, sowie denen M. Müllers[18]) über das Bacterium typhi. Beide erhielten bei der Anwendung stärkerer Verdünnungen und der gleichen Methodik der Wirklichkeit mehr entsprechende Resultate.

Im übrigen möge bereits an dieser Stelle erwähnt sein, dafs sich gemäfs der am Beginn dieses Abschnittes erfolgten Erörterung ein bestimmter Generationsdauerwert für ein gewisses

Bakterium überhaupt nicht aufstellen läfst. Die Generationsdauer eines Bakteriums ist vielmehr ein konstant variabeler Zeitwert. Diese Werte in ihrer Gesamtheit auf ein Koordinatensystem aufgetragen, stellen eine nach oben offene hyperbelähnliche Kurve dar. Es ist also auch in dieser Hinsicht den B. L. R.'schen Versuchen Rechnung zu tragen.

Eine Methode, welche die gleiche Berechnung zu Grunde legt, jedoch das Plattenverfahren vermeidet, hat A. Klein[19]) angegeben.

An Stelle der Berechnung der Bakterienanzahl mittels des Kochschen Plattenverfahrens wählt Klein die direkte Zählung der vorhandenen Bakterien mittels des Mikroskopes unter Anwendung der Färbung der Bakterien im feuchten Zustande.

0,1 bis 1,0 ccm einer Kultur werden mit der gleichen oder gröfseren abgemessenen Menge einer Farbflüssigkeit vermengt und gut durchmischt. Diesem Gemenge wird eine Öse von bekanntem Fassungsvermögen entnommen und der Inhalt dieser Öse gleichmäfsig auf ein Deckgläschen ausgestrichen. Mittels des Mikroskopes wird nun die Anzahl der Bakterien in ca. 50 Gesichtsfeldern bestimmt und hieraus das arithmetische Mittel für ein Gesichtsfeld berechnet. Bei bekanntem Fassungsvermögen der Öse, bekannter Gröfse des Gesichtsfeldes und des Deckgläschens läfst sich die Anzahl der Bakterien in einer gewissen Menge der Kultur direkt berechnen.

Die Kleinsche Methode unterscheidet sich in ihren Resultaten von der Plattenmethode dadurch, dafs die erstere die Gesamtzahl sowohl der toten als auch der lebenden Bakterien bestimmt, während das Resultat der Plattenmethode den Wert der vorhandenen lebenden Bakterien angibt.*)

Weiterhin hat dann neuerdings G. W. Boland[20]) unter Leitung von Klein eine Methode ausgearbeitet, welche die Generationsdauer ohne direkte Bestimmung der Bakterienzahl berechnen läfst.

---

*) Es drängt sich hier der Gedanke auf, durch gleichzeitige Anwendung beider Methoden die Anzahl der abgestorbenen Individuen feststellen zu können. Inwieweit dieser theoretische Schlufs praktisch statthaft ist, wird an einer späteren Stelle kurz diskutiert werden.

Boland geht hierbei von der Formel $2^n = \frac{b}{a}$ aus. Kennt man den Wert des Verhältnisses von $b:a$, so läfst sich hieraus n, und weiterhin die Generationsdauer x nach der Formel $x = \frac{t}{n}$ berechnen. — Den Wert für die Verhältniszahl bestimmt Boland durch Vergleichen der Kulturen mit Normal- oder Standarttrübungen, deren Verhältniszahlen zueinander bekannt sind. Diese Trübungen werden wegen der Inkonstanz der Bakterientrübungen durch verschieden starke Talkaufschwemmungen hergestellt. Nach der Bolandschen Angabe genügen fünf solcher Vergleichstrübungen, deren Verhältniszahlen am zweckmäfsigsten betragen sollen: A — 5; B — 8; C — 14; D — 23; E — 35. Der Wert für n läfst sich dann in folgender Weise berechnen: Impfe ich z. B. aus einer Bouillonkultur, welche eine mit der Normaltrübung A übereinstimmende Trübung zeigt, eine Öse voll in ein frisches Bouillonröhrchen und bestimme die Zeit, nach welcher dieses Röhrchen die gleiche Trübung wie die Ausgangskultur also auch wie die Standarttrübung A zeigt, so sind bei bekannter Menge der geimpften Flüssigkeit und bekanntem Fassungsvermögen der Öse so viel mal mehr Bakterien aus der in der Öse enthalten gewesenen Anzahl von Bakterien gebildet worden, als das Fassungsvermögen der Öse in der Menge der geimpften Flüssigkeit enthalten ist.

Es wäre also für diesen speziellen Fall

$$2^n = \frac{b}{a} = \frac{\text{Menge der geimpften Bouillon}}{\text{Fassungsvermögen der Öse}}.$$

Beträgt die Menge der geimpften Bouillon 5 ccm, das Fassungsvermögen der Öse 1 mg, so ist:

$$2^n = \frac{5000}{1}; \; n = \frac{\log 5000}{\log 2}; \; x = \frac{t}{n}.$$

Kommt nach einer Frist dieselbe Kultur überein mit der Trübung B, so befinden sich, die oben angegebenen Verhältniszahlen angenommen, $^8/_5$ mal soviel Bakterien in der geimpften

Kultur als in derjenigen, aus welcher geimpft wurde. Die Formel $2^n = \frac{b}{a}$ wäre also für diesen Fall:

$$2^n = \frac{{}^8/_5 \cdot b}{a} = \frac{{}^8/_5 \cdot 5000}{1};\ n = \frac{\log 8000}{\log 2};\ x = \frac{t}{n}.$$

Im ganzen lassen sich mittels der fünf Standarttrübungen 25 Kombinationen zusammenstellen und mithin auch 25 Werte für die Generationsdauer berechnen.

Für die folgenden Versuche konnte keine dieser Methoden zur Anwendung kommen. Das Bolandsche Verfahren mufs von vornherein ausgeschaltet werden, da die Versuchsreihen gleichzeitig einen Einblick in die Mengen der vorhandenen Bakterien gestatten sollen. Fernerhin ist sowohl das Bolandsche als auch das Kleinsche Verfahren erst dann anwendbar, wenn im Kubikzentimeter der Kultur mindestens einige Millionen Bakterien anwesend sind. In diesem Stadium der Entwicklung ist aber, wie aus den Tabellen ersichtlich, häufig die kürzeste Generationsdauer bereits überschritten. Nun liegt aber, wie eingangs schon erörtert, der praktische Wert der Generationsdauerbestimmung gerade darin, die maximale Vermehrungsgeschwindigkeit = kürzeste Generationsdauer zu eruieren. Um diese Werte wenigstens annähernd zu erhalten, ist es nötig: 1. von einer möglichst geringen Bakterienzahl auszugehen; 2. eine gröfsere Anzahl von Generationsdauerwerten zu berechnen.

Bei meinen Versuchen war fernerhin darauf Rücksicht zu nehmen: 1. dafs die Versuche bei fünf verschiedenen Temperaturen (30°; 25°; 12°; 6°; 0°) gleichzeitig angestellt werden sollten; 2. dafs die beschränkten Raumverhältnisse im Eiskalorimeter das Aufbewahren einer gröfseren Menge geimpfter Flüssigkeit nicht gestatteten; 3. dafs aus einer geringen Menge geimpfter Flüssigkeit eine gröfsere Anzahl von Platten anzufertigen war, ohne durch eine wesentliche Verminderung des Volumens der Kultur die Wachstumsbedingungen zu alterieren.

Diesen Anforderungen konnte durch folgendes Verfahren nach Möglichkeit genügt werden:

Um aus einer relativ geringen Menge (5 ccm) eines flüssigen Kulturmediums eine gröfsere Anzahl von Platten anfertigen zu

können, ohne die Kulturflüssigkeit wesentlich zu verringern, wurden geeichte Spiralen und Ösen zur Plattenanlage verwendet. Da diese geeichten Spiralen und Ösen, deren Fassungsvermögen gelegentlich nachkontrolliert wurde, konstant die gleichen Mengen fassen, so ermöglicht ihre Anwendung nicht nur eine Materialersparnis der Kultur, sondern auch gleichzeitig eine äufserst genaue Zählung der in dieser Menge vorhandenen Bakterien. Durch Überimpfung progressiv kleiner werdender Kulturmengen zu den Zählplatten, konnten möglichst genaue zählbare Platten erhalten werden. Auf diese Weise wurde gleichzeitig die durch die Verdünnungsmethode entstehende Fehlerquelle so lange als möglich vermieden. Nach einer gewissen Zeit wird aber selbst eine Öse von 0,4 mg eine so dicht besäte Platte geben, dafs eine annähernd genaue Zählung nicht mehr möglich ist; infolgedessen ist nun eine Verdünnungsmethode nicht mehr zu umgehen. Bei den meisten Versuchen wurde die Verdünnungsmethode bereits dann angewendet, wenn eine Öse von 1,6 mg voraussichtlich eine zu dicht besäte Platte ergab. Makroskopisch war dieser Zeitpunkt erkenntlich, sobald eine deutliche Bakterientrübung bemerkbar wurde. In diesem Zeitpunkte ist einerseits die kürzeste Generationsdauer häufig schon überschritten, anderseits ist die Bakterienzahl so stark angewachsen, dafs es gleichgültig ist, ob man bei der Berechnung einige zehntausend Bakterien mehr oder weniger im Kubikzentimeter findet.

Die infolge der Verdünnungsmethode entstehende Fehlerquelle wurde auf folgende Weise nach Möglichkeit reduziert:

1. Es wird eine relativ grofse Menge der Kultur (81—8 mg) in das Verdünnungsmedium übergeimpft.
2. Um ein kräftiges Durchmischen der Verdünnungsflüssigkeit vornehmen zu können, wird physiologische NaCl-Lösung verwendet.
3. Die Zählplatte wird wiederum mit möglichst grofser Menge (81—8 mg) der geimpften Verdünnungsflüssigkeit angelegt.
4. Die Menge der Verdünnungsflüssigkeit wird nach der Anfertigung der Zählplatte mittels graduierter Pipette genau

gemessen, wobei es genügend ist, die an der Wand adhärierende Flüssigkeitsmenge als nahezu konstant bleibenden Wert schätzungsweise in Berechnung zu ziehen.

Nach der vorstehenden Ausführung wird man leicht zu der Annahme neigen, dafs zu dieser Methodik eine gröfsere Anzahl von Spiralen und Ösen nötig sei, was jedoch keineswegs der Fall ist. Sämtliche folgenden Untersuchungen sind mit drei Spiralen von einem Fassungsvermögen von 81, 21 und 7,9 mg, sowie mit zwei Ösen von 1,6 und 0,4 mg angestellt worden.

Die Zählplatten wurden in der Weise angefertigt, dafs die mit nichtentfetteter Watte versehenen Gelatineröhrchen sofort nach erfolgter Impfung und Durchmischung in Rollplatten verwandelt wurden. Dieses Verfahren hat zum Zwecke der Zählung vor dem Plattenverfahren mit Petrischen Schalen unverkennbare Vorteile. Abgesehen von der Ersparnis an Schalen vermeidet das Rollverfahren jene Fehlerquelle, welche durch das Zurückbleiben der Gelatine im Reagensglase verursacht wird, und welche je nach der Temperatur der verflüssigten Gelatine in stärkerem oder geringerem Mafse zum Ausdruck kommt. Bei guter Durchmischung und gleichmäfsigem Ausrollen gestatten fernerhin die Rollröhrchen ein schnelles Zählen der Kolonien mittels der für Reagensgläser besonders konstruierten Lupe. Nicht zu dicht besäte Röhrchen mit einer Gesamtzahl bis zu ca. 500 Kolonien wurden ganz durchgezählt. Bei stärkerer Besäung wurden je nach der Dichtigkeit der aufgekommenen Kolonien zehn gleichgrofse Gesichtsfelder von 1,5, 1,0, $^1/_4$, $^1/_{16}$, selten $^1/_{25}$ qcm Gröfse in der Weise bestimmt, dafs Papierscheibchen mit Ausschnitten in den oben genannten Gröfsen direkt dem Glase aufgelegt werden. Das Verschieben dieses Ausschnittes hat ohne gleichzeitige Benutzung der Lupe in unparteiischer Weise über die ganze Oberfläche hinweg zu erfolgen. — Innerhalb einer Stunde lassen sich auf diese Weise bei einiger Übung ca. 15 Röhrchen mit hinreichender Genauigkeit zählen. Das arithmetische Mittel aus den zehn gezählten Feldern ergibt die Durchschnittszahl für die Gröfse der gezählten Fläche, woraus durch einfache Umrechnung die Anzahl der Kolonien pro qcm gefunden werden kann.

Die Gesamtzahl ergibt sich aus der Zahl pro qcm mal der Oberfläche

$$O = 2\, r\, \pi\, h + r^2\, \pi.$$

Wählt man bei der Anfertigung der Rollröhrchen stets gleichweite Reagensgläser von 1,6 cm Durchmesser und macht man durch Hineindrücken des Wattepfropfens $h = 11{,}5$ cm, so ergibt sich für $O = 2\, r\, \pi\, h + r^2\, \pi = 57{,}7760 + 2{,}0096 = 59{,}7856 = 60$ qcm. Die Anzahl der Kolonien pro qcm mal 60 stellt also die Gesamtanzahl der Kolonien des Rollröhrchens dar, welche aus der gleichen in der Spirale oder Öse enthalten gewesenen Anzahl von Bakterien entstanden sind. Da jedoch Spiralen und Ösen von verschiedenem Fassungsvermögen verwendet worden sind, so bedarf es, um die gefundenen Zahlen vergleichen zu können, der Umrechnung sämtlicher Werte auf ein gleiches Volumen, wozu sich am besten die Mafseinheit eignet. Diese Werte gestatten dann auch die Berechnung der Generationsdauer nach der Formel:

$$x = \frac{t \log 2}{\log b - \log a}.$$

Um stark gelatine-verflüssigende Bakterien auf diese Weise zählen zu können, mufs man die Kolonien im Eisschranke aufkommen lassen, wodurch die Verflüssigung der Gelatine so hintangehalten wird, dafs man die eben makroskopisch sichtbar werdenden Kolonien bequem und deutlich mit der Lupe zählen kann.

Diese Methodik gestattet es, die Generationsdauerwerte bei konstanter Temperatur für jeden beliebigen Zeitpunkt zahlenmäfsig darzustellen. Bei einer genügenden Anzahl von Bestimmungen wird man also auch die kürzeste Generationsdauer und hiermit den Zeitpunkt der stärksten Vermehrungsintensität erhalten können. Um nun noch die kürzeste Generationsdauer unter gleichen Bedingungen für die fünf verschiedenen Temperaturen feststellen zu können, wird auf folgende Weise verfahren: Aus einer ca. 20stündigen bei 25° gewachsenen Bouillonkultur wird eine 0,4 mg fassende Öse in ein Pasteursches Kölbchen mit 40 ccm Bouillon übergeimpft, gut gemischt und sodann ein Zählröhrchen nebst Kontrolle mittels der gröfsten Spirale an-

gefertigt. Unmittelbar hierauf werden je 5 ccm der Bouillon in Reagensgläser, welche bei den betreffenden Temperaturen gehalten werden, steril überpipettiert. Nach gewissen Zeiten sind dann für jede Temperatur die Rollröhrchen in der oben angegebenen Weise mit progressiv kleiner werdenden Mengen anzufertigen. Bei dieser Methodik enthalten die Kulturröhrchen für die verschiedenen Temperaturen 1. die gleiche Menge an Bakterien und 2. eine möglichst geringe Anzahl von Bakterien (einige Tausend pro ccm).

b) Tabelle I, 30° gibt die Versuchsanordnung in detaillierter Weise wieder. Weiterhin sind unter Fortlassung der 2., 3., 4. und 5. Rubrik nur die einer näheren Betrachtung zu unterziehenden Werte angegeben.

Tabelle I.

Bacterium A.

30°

Nr.	Übergeimpfte Menge	Gröfse des gezählten Feldes	Zahl der Kolonien im Felde	Zahl der Kolonien der Platte	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach der Impfung	Generationsdauer
1	81 mg	60 qcm	111	111	1 370	—	—
2	81 »	60 »	117	117	1 440	6 Min.	(78' 10")
3	81 »	60 »	173	173	2 150	1 St.	(93' 14")
4	81 »	60 »	287	287	3 560	2 »	87' 6"
5	42 »	60 »	276	276	6 580	3 »	80' 4"
6	21 »	60 »	445	445	21 190	4 »	60' 46"
7	21 »	1,5 »	27	1 080	51 430	5 »	57' 20"
8	16 »	1,5 »	62	2 500	156 250	6 »	52' 42"
9	8 »	1,0 »	53	3 180	397 500	7 »	51' 19"
10	8 »	1/4 »	31	7 440	930 000	8 »	51' 1"
11	8 »	1/4 »	72	17 280	2 160 000	9 »	50' 47"
12	3,6 »	1/16 »	21	20 160	5 610 000	10 »	50' 1"
13	1,8 »	1/16 »	48	46 100	25 610 000	11 »	47' 39"
14	81 : 6,2 H_2O—81	1/16 »	36	34 560	60 628 000	12 »	46' 38"
15	21 : 6,3 — 21	1/16 »	17	16 320	233 100 000	24 »	82' 47"
16	21 : 7,2 — 21	1/16 »	17	17 280	252 000 000	28 »	95' 52"
17	21 : 7,2 — 21	1/16 »	23	22 280	363 300 000	36 »	119' 56"
18	8 : 6,0 — 8	1/16 »	14	13 440	1 260 000 000	48 »	145' 19"
19	8 : 10,2 — 8	1/4 »	36	8 640	1 377 000 000	72 »	215' 47"

25°

Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach der Impfung	Generationsdauer
1	1 370	—	—
20	1 430	7 Min.	(113′ 10″)
21	2 190	1 St.	(88′ 40″)
22	3 620	2 ›	85′ 41″
23	7 140	3 ›	75′ 35″
24	15 700	4 ›	68′ 13″
25	43 800	5 ›	60′ 1″
26	60 900	6 ›	65′ 47″
27	230 000	7 ›	56′ 49″
28	600 000	8 ›	54′ 43″
29	1 320 000	9 ›	54′ 28″
30	3 130 000	10 ›	53′ 46″
31	8 000 000	11 ›	51′ 24″
32	22 125 000	12 ›	51′ 30″
33	215 100 000	24 ›	83′ 25″
34	239 000 000	28 ›	96′ 28″
35	320 400 000	36 ›	121′ 7″
36	945 800 000	48 ›	124′ 34″
37	1 042 500 000	72 ›	221′ 3″

12°

Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach der Impfung	Generationsdauer
1	1 370	—	—
38	1 380	10 Min.	(952′ 37″)
39	2 060	2 St.	(291′ 42″)
40	2 530	4 ›	(271′ 13″)
41	3 500	6 ›	266′ 8″
42	6 570	8 ›	212′ 13″
43	11 000	10 ›	199′ 37″
44	21 100	12 ›	182′ 25″
45	827 000	24 ›	155′ 53″
46	4 000 000	28 ›	145′ 56″
47	12 700 000	32 ›	115′ 38″
48	53 400 000	36 ›	141′ 38″
49	184 600 000	48 ›	168′ 59″
50	266 500 000	60 ›	204′ 54″
51	350 600 000	72 ›	240′ 27″
52	805 100 000	96 ›	300′ 34″
53	1 225 500 000	120 ›	364′ 5″

6°

Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach der Impfung	Generationsdauer
1	1 370	—	—
54	1 380	12 Min.	—
55	1 650	4 St.	(14 St. 51′)
56	2 160	8 ›	(12 › 8′)
57	2 860	12 ›	11 › 17′
58	8 000	24 ›	9 › 26′
59	11 600	28 ›	9 › 2′
60	17 500	32 ›	8 › 43′
61	27 900	36 ›	8 › 17′
62	79 400	48 ›	8 › 12′
63	130 000	52 ›	7 › 55′
64	180 000	56 ›	7 › 55′
65	273 000	60 ›	7 › 52′
66	1 353 000	72 ›	7 › 14′
67	1 956 000	76 ›	7 › 15′
68	13 545 000	96 ›	7 › 14′
69	22 378 000	104 ›	7 › 26′
70	102 966 000	120 ›	7 › 32′
71	187 500 000	144 ›	8 › 26′
72	301 000 000	168 ›	9 › 55′
73	500 250 000	192 ›	10 › 23′

0°

Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach der Impfung	Generationsdauer
1	1 370	—	—
74	1 296	15 Min.	—
75	1 963	24 St.	(46 St. 15′)
76	2 200	2 Tage	(44 › 22′)
77	4 240	3 ›	44 › 10′
78	7 500	4 ›	39 › 8′
79	22 000	5 ›	30 › 27′
80	55 000	6 ›	27 › 2′
81	166 000	7 ›	24 › 17′
82	450 000	8 ›	22 › 40′
83	1 022 000	9 ›	22 › 38′
84	2 964 000	10 ›	21 › 39′
85	10 266 000	11 ›	20 › 31′
86	30 450 000	12 ›	19 › 57′
87	68 500 000	14 ›	21 › 29′
88	125 700 000	16 ›	23 › 17′
89	224 000 000	18 ›	24 › 56′
90	293 000 000	20 ›	27 › 44′
91	420 000 000	23 ›	30 › 17′

Tabelle II.

Bacterium B.

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
30°	1	5 190	—	—
	2	28 600	3 St.	73' 10"
	3	142 500	5 »	62' 46"
	4	540 000	6 »	53' 44"
	5	1 660 000	7 »	50' 56"
	6	7 820 000	9 »	51' 10"
	1a	14 800	—	—
	7	40 950 000	10 »	52' 28"
	8	94 200 000	12 »	56' 58"
	9	177 840 000	14 »	62' —
	10	770 400 000	20 »	76' 36"
	11	2 871 000 000	36 »	122' 54"
25°	1	5 190	—	—
	12	21 840	3 St.	86' 50"
	13	114 500	5 »	67' 12"
	14	426 000	6 »	56' 38"
	15	1 240 000	7 »	53' 9"
	16	5 760 000	9 »	53' 24"
	1a	14 800	—	—
	17	26 100 000	10 »	55' 38"
	18	73 100 000	12 »	58' 40"
	19	141 400 000	14 »	63' 32"
	20	543 100 000	20 »	79' 8"
	21	2 052 000 000	36 »	126' 30"

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
ca. 12°	1a	14 800	—	—
	22	40 000	12 St.	501' 48"
	23	638 000	20 »	220' 54"
	24	46 100 000	36 »	190' 30"
	25	1 288 800 000	60 »	220' 24"
	26	2 550 000 000	84 »	289' 42"
5° bis 6°	1a	14 800	—	—
	27	18 800	12 St.	(344 St. 45')
	28	384 000	60 »	12 » 50'
	29	84 480 000	84 »	6 » 44'
	30	1 743 000 000	108 »	6 » 25'
	31	2 190 000 000	132 »	7 » 41'
0°	1a	14 800	—	—
	32	14 800	1 Tag	—
	33	120 000	5 Tage	40 St. 24'
	34	12 300 000	8 »	19 » 48'
	35	54 000 000	11 »	22 » 18'
	36	306 000 000	14 »	23 » 18'
	37	471 250 000	17 »	27 » 24'
	38	685 000 000	20 »	30 » 59'
	39	1 058 000 000	23 »	34 » 12'
	40	1 390 000 000	26 »	37 » 47'

Tabelle III. **Bacterium C.**

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
30°	1	4 275	—	—
	2	5 400	1 St.	(113′ 2″)
	3	15 000	3 »	99′ 24″
	4	570 000	6 »	51′ —
	5	5 688 000	8 »	46′ 15″
	6	13 050 000	10 »	51′ 49″
	7	396 000 000	24 »	87′ 18″
	8	450 000 000	30 »	107′ 54″
25°	1	4 275	—	—
	9	5 225	1 St.	(207′ 15″)
	10	12 000	3 »	120′ 54″
	11	300 000	6 »	58′ 2″
	12	2 070 000	8 »	53′ 48″
	13	5 083 000	10 »	73′ 56″
	14	315 000 000	24 »	89′ 4″
	15	350 000 000	30 »	110′ 18″
10° bis 12°	1	4 275	—	—
	16	7 380	3 St.	(228′ 30″)
	17	23 330	10 »	245′ 9″
	18	3 225 000	24 »	150′ 42″
	19	22 200 000	30 »	145′ 54″
	20	49 920 000	34 »	151′ —
	21	418 000 000	48 »	173′ 42″
	22	638 000 000	56 »	195′ 30″
	23	888 000 000	72 »	244′ 36″

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
3° bis 6°	1	4 275	—	—
	24	7 000	10 St.	(14 St. 3′)
	25	36 000	24 »	7 » 49′
	26	490 000	48 »	7 » 1′
	27	869 000	72 »	9 » 23′
	28	2 790 000	96 »	10 » 16′
	29	25 200 000	120 »	9 » 45′
	30	202 000 000	144 »	9 » 17′
	31	378 000 000	168 »	10 » 13′
	32	441 000 000	216 »	31 » 8′
0°	1	4 275	—	—
	33	3 780	24 St.	—
	34	5 400	2 Tage	(143 St. 3′)
	35	9 000	3 »	67 » 2′
	36	12 600	4 »	61 » 34′
	37	30 600	8 »	67 » 37′
	38	150 000	10 »	46 » 45′
	39	570 000	12 »	40 » 48′
	40	3 000 000	14 »	35 » 32′
	41	10 800 000	16 »	33 » 59′
	42	31 500 000	18 »	33 » 38′
	43	100 500 000	21 »	34 » 43′
	44	155 000 000	24 »	38 » 21′
	45	219 400 000	27 »	41 » 25′
	46	297 500 000	30 »	44 » 45′
	47	412 500 000	36 »	52 » 11′
	48	586 500 000	42 »	59 » 4′

Tabelle IV. Bacterium D.

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
30°	1	5 190	—	—
	2	83 460	3 St.	66' 48"
	3	346 000	5 »	49' 31"
	4	1 140 000	6 »	46' 11"
	5	3 496 000	7 »	44' 42"
	6	12 560 000	9 »	48' 3"
	1a	1 800	—	—
	7	16 200 000	10 »	44' 38"
	8	34 600 000	12 »	50' 35"
	9	58 500 000	14 »	56' 3"
	10	86 700 000	20 »	77' 9"
	11	276 800 000	36 »	124' 18"
25°	1	5 190	—	—
	12	31 330	3 St.	69' 24"
	13	312 000	5 »	50' 52"
	14	957 500	6 »	47' 50"
	15	3 300 000	7 »	45' 6"
	16	11 340 000	9 »	48' 43"
	1a	1 800	—	—
	17	11 250 000	10 »	47' 35"
	18	27 720 000	12 »	51' 44"
	19	45 360 000	14 »	57' 28"
	20	67 200 000	20 »	79' —
	21	284 800 000	36 »	125' 6"

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
ca. 12°	1a	1 800	—	—
	22	97 500	12 St.	125' —
	23	1 200 000	20 »	126' 54"
	24	28 100 000	36 »	155' 6"
	25	80 400 000	60 »	238' 8"
	26	370 500 000	84 »	285' 30"
ca. 5°	1a	1 800	—	—
	27	8 000	12 St.	5 St. 34'
	28	5 160 000	60 »	5 » 13'
	29	19 980 000	84 »	6 » 15'
	30	60 420 000	108 »	7 » 11'
	31	114 000 000	132 »	8 » 16'
0°	1b	4 740	—	—
	32	5 430	24 St.	122 St. 15'
	33	13 100	2 Tage	32 » 43'
	34	38 200	3 »	23 » 55'
	35	101 100	4 »	21 » 45'
	36	271 600	5 »	20 » 33'
	37	1 073 000	6 »	19 » 17'
	38	4 992 000	7 »	17 » 44'
	39	20 400 000	8 »	15 » 55'
	40	36 000 000	9 »	16 » 45'
	41	60 000 000	10 »	17 » 26'
	42	74 500 000	11 »	18 » 51

Tabelle V.

Bacillus fluorescens liquefaciens.

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
30°	1	1 325	—	—
	2	1 500	1 St.	335′ 16″
	3	3 200	3 »	165′ 43″
	4	28 125	6 »	81′ 42″
	5	150 000	8 »	70′ 21″
	6	862 500	10 »	64′ 11″
	7	832 500 000	24 »	74′ 46″
	8	1 092 000 000	30 »	91′ 36″
25°	1	1 325	—	—
	9	1 413	1 St.	(646′ 51″)
	10	2 290	3 »	228′ 6″
	11	11 875	6 »	113′ 48″
	12	56 250	8 »	88′ 46″
	13	210 000	10 »	82′ 6″
	14	720 000 000	24 »	75′ 36″
	15	744 000 000	30 »	94′ 26″
10° bis 12°	1	1 325	—	—
	16	2 143	3 St.	(260′ 20″)
	17	5 000	10 »	313′ 10″
	18	600 000	24 »	163′ 48″
	19	3 000 000	30 »	161′ 30″
	20	15 840 000	34 »	189′ 30″
	21	120 000 000	48 »	138′ 54″
	22	386 000 000	56 »	187′ 12″
	23	1 254 000 000	72 »	217′ 36″
3° bis 6°	1	1 325	—	—
	24	1 460	10 St.	(71 St. 27′)
	25	4 160	24 »	45 » 24′
	26	13 000	48 »	14 » 40′
	27	640 000	72 »	8 » 4′
	28	8 880 000	96 »	7 » 33′
	29	47 000 000	120 »	8 » 4′
	30	124 400 000	144 »	8 » 14′
	31	504 000 000	168 »	9 » 4′
	32	1 153 000 000	216 »	26 » 17′
0°	1	1 325	—	—
	33	1 250	24 St.	—
	34	4 240	4 Tage	57 St. 13′
	35	390 000	8 »	23 » 25′
	36	3 120 000	10 »	21 » 26′
	37	61 200 000	14 »	21 » 41′
	38	106 600 000	16 »	23 » 33′
	39	342 000 000	18 »	24 » 2′
	40	675 000 000	21 »	26 » 35′
	41	1 125 000 000	24 »	29 » 14′
	42	1 800 000 000	42 »	49 » 29′

Es erübrigt sich, die Einzelheiten dieser Tabellen näher zu diskutieren, da dieselben nur einen allgemeinen Überblick über die Menge der lebenden Bakterien und die Intensität des Wachstums bei 0° im Vergleich mit höheren Temperaturen gestatten sollen.

Denkt man sich die Generationsdauerwerte eines Bacteriums auf ein Koordinatensystem aufgetragen, so lassen sich die Kurven für die einzelnen Temperaturen annähernd darstellen. Diese Kurven fallen sämtlich von der Ordinate gegen die Abszisse, ohne diese jemals zu erreichen, und steigen allmählich wieder bis schliefslich ins Unendliche. Der Scheitelpunkt der Kurve nähert sich um so mehr der Abszisse, je kürzer die Generationsdauer ist. Da nun die Generationsdauer wiederum von den herrschenden Temperaturverhältnissen direkt abhängig ist, so ist auch die Gestalt der Kurve je nach der herrschenden konstanten Temperatur eine verschiedene, und zwar der Art, dafs dieselbe bei höheren — das Wachstum günstig beeinflussenden — Temperaturen schnell und stark zur Abszisse fällt, um bald wieder mit geringerer Intensität bis schliefslich ins Unendliche zu steigen, während die Kurve bei niederer Temperatur entsprechend dem wachstumhemmenden Einflufs dieser Temperatur in flacherer Weise verläuft und sich gleichzeitig immer weniger mit ihrem Scheitel der Abszisse nähert.

Für die Werte der jeweiligen Anzahl lebender Bacterien kann man sich in gleicher Weise Kurven konstruiert denken, die im Gegensatz zu den Generationsdauerkurven vom Nullpunkt des Koordinatensystems aufsteigen. Das Ansteigen dieser Kurve erfolgt bei der Optimaltemperatur am stärksten und nimmt proportional dem Abfallen der Temperatur ab. Dem Ermessen nach werden diese Kurven allerdings nach verschieden langer Zeit eine gewisse, vielleicht annähernd gleiche Höhe erreichen, worauf in der umgekehrten Weise des Ansteigens das Abfallen der Kurven erfolgen wird. Da die Tabellen nur die Anzahl der lebenden Bakterien angeben, so wird natürlich die Kurve für die Gesamtzahl der produzierten Bakterien in späteren Stadien einen wesentlich anderen Verlauf nehmen.

Diese Kurve mufs, bis das Bakterienwachstum schliefslich sistiert, ständig ansteigen.

Es ist bereits bei Besprechung der Methodik der Kleinschen Zählmethode darauf hingewiesen worden, dafs diese die Gesamtzahl der Bakterien, sowohl der lebenden als auch der toten, zu bestimmen gestattet, während die Plattenmethode nur die Zahl der lebenden Bakterien angibt. Die gleichzeitige Bestimmung der Bakterienzahl nach beiden Methoden müfste also auch eine Vergleichung der beiden Kurven für die Gesamtzahl und die Zahl der lebenden Bakterien gestatten. Meine Methodik hat die gleichzeitige Ausführung des Kleinschen Verfahrens allein wegen des geringen, mir zur Verfügung stehenden Materials in ausgiebiger Weise nicht gestattet. Es konnte deshalb nur am Schlusse einer Versuchsreihe ein Vergleich zwischen den Resultaten der beiden Methoden gezogen werden. Die folgende Tabelle gibt die nach beiden Methoden gefundenen Zahlenwerte wieder.

Tabelle VI.

Bacterium	Platten-Nr.	Temperatur	Plattenmethode	Mikroskopische Methode
C	8	30°	450 000 000	515 900 000
	15	25°	350 000 000	429 000 000
	23	12°	888 000 000	716 600 000
	48	0°	586 500 000	659 200 000
Fluor-liquef.	8	30°	1 092 000 000	801 300 000
	15	25°	744 000 000	773 900 000
	23	12°	1 254 000 000	1 031 800 000
	48	0°	1 800 000 000	917 200 000
D	11	30°	276 800 000	360 100 000
	21	25°	284 800 000	315 300 000
B	40	0°	1 390 000 000	1 805 100 000

In der Tat ergeben die Berechnungen nach der Kleinschen Methode mit Ausnahme der Befunde für den Bacillus fluorescens liquefaciens eine gröfsere Bakterienzahl wie die Plattenmethode, mithin steigt auch die Kurve für die Gesamt-

zahl stärker als für die Anzahl der vorhandenen lebenden Bakterien. Theoretisch müfste nun die Differenz in den Resultaten der beiden Methoden die Anzahl der vorhandenen toten Bakterien zum Ausdruck bringen, wie dies auch Hehewerth angenommen hat. Gegen diese Folgerung hege ich Bedenken, da die in dieser Richtung untersuchten Bakterien häufig in Diploverbänden auftreten. Während sich nun jedes Diplostäbchen oder ein zusammenhängendes Bakterienhäufchen bei der Plattenmethode als eine Kolonie markiert, zieht die mikroskopische Methode jedes Diplostäbchen als zwei Organismen und ein Bakterienhäufchen mit der betreffenden Anzahl in Berechnung. Die mit der Plattenmethode gefundene Bakterienmenge gibt demnach eine Mindestanzahl vorhandener lebender Organismen an, die nicht ohne weiteres von der Maximalzahl (Kleinsche Methode) zwecks Bestimmung der Anzahl toter Bakterien subtrahiert werden kann.

Dafs auch in einem Bakteriengemische die Vermehrung bei konstanter Temperatur in ähnlicher Weise verläuft, wie dies für einzelne Bakterienarten gezeigt worden ist, ergibt sich aus der Tabelle VII. Um ein natürliches Bakteriengemenge untersuchen zu können, wurde als Versuchsmaterial eine gewöhnliche frische Handelsmilch gewählt. Die letzte Bestimmung für jede Temperatur wurde nach erfolgter Gerinnung der Milch vorgenommen. Bei 0° war diese bereits bei der vorletzten Bestimmung eingetreten.

(Siehe Tabelle VII auf S. 158.)

Aus der Gesamtheit der Tabellen geht hervor, dafs auch bei 0° noch ein bedeutendes Bakterienwachstum stattfindet. Allerdings ist bei dieser Temperatur die Generationsdauer und demgemäfs die Vermehrungsintensität eine geringere als bei höheren Temperaturen. Legt man einem Vergleiche die kürzesten gefundenen Generationsdauerwerte für 0° und 25° zu Grunde, so ergibt sich hieraus, dafs die Vermehrung bei 25° für den Bacillus fluorescens liquefaciens —17 mal, für Bacterium A —24 mal, für Bacterium B —23 mal, für Bacterium C — 36 mal und für Bacterium D 21 mal, also durchschnittlich 24 mal so

schnell als bei 0° erfolgt. Die Tabelle VIII enthält eine Zusammenstellung der in der angegebenen Wachstumszeit gefundenen kürzesten Generationsdauerwerte für die fünf untersuchten Bakterien und gestattet für die übrigen Temperaturen denselben Vergleich mit 0° zu ziehen.

Tabelle VII.

1,0 ccm Milch enthält an Bakterien:

nach	30°	25°	12°	6°	0°
—	720 000	720 000	720 000	720 000	720 000
3 St.	1 380 000	1 860 000	—	—	—
7 »	3 244 000	3 150 000	—	—	—
10 »	6 156 000	6 840 000	1 320 000	—	—
24 »	734 400 000	820 800 000	177 400 000	4 350 000	746 000
2 Tagen	—	—	372 400 000	—	1 500 000
3 »	—	—	464 000 000	27 100 000	—
4 »	—	—	—	—	8 100 000
5 »	—	—	—	96 480 000	—
7 »	—	—	—	250 000 000	27 600 000
10 »	—	—	—	584 300 000	172 800 000
13 »	—	—	—	744 800 000	527 000 000
16 »	—	—	—	—	840 000 000
19 »	—	—	—	—	1 228 500 000
22 »	—	—	—	—	1 629 800 000

Tabelle VIII.

Bacterium	30°	25°	12°
A	46 Min. 38 Sek. nach 12 St.	51 Min. 24 Sek. n. 11 St.	115 Min. 38 Sek. n. 32 St.
B	50 » 56 » » 7 »	53 » 9 » » 7 »	190 » 30 » » 36 »
C	46 » 15 » » 8 »	53 » 48 » » 8 »	145 » 54 » » 30 »
D	44 » 42 » » 7 »	45 » 6 » » 7 »	125 » — » » 12 »
fluor. liquef.	64 » 11 » » 10 »	75 » 36 » » 24 »	138 » 54 » » 48 »

Bacterium	6°	0°
A	7 St. 36 Min. nach 96 St.	19 St. 57 Min. nach 12 Tagen
B	6 » 25 » » 108 »	19 » 48 » » 8 »
C	9 » 17 » » 144 »	33 » 38 » » 18 »
D	5 » 13 » » 60 »	15 » 55 » » 8 »
Fluor. liquef.	7 » 33 » » 96 »	21 » 26 » » 10 »

c) Die geringeren Zahlenwerte für den Bacillus fluorescens liquefaciens nach der Kleinschen Methode im Vergleich zur Plattenmethode können nicht in einwandfreier Weise erklärt werden. Teilweise mögen dieselben in einer besonderen Fähigkeit dieses Bacteriums, nach kurzer Zeit schon zahlreiche Degenerationsformen zu bilden, beruhen. Infolge des körnigen Zerfalles (Selbstverdauung?) eines großen Teiles dieser Bakterien, speziell in älteren Kulturen, können diese Bakterienfragmente vielfach nicht mehr im mikroskopischen Präparate von Farbstoffniederschlägen unterschieden werden.

Der Bacillus fluorescens liquefaciens zeigt fernerhin ein weiteres, auch anderen Bakterien mehr oder minder zukommendes eigenartiges Verhalten, das auch M. Müller[21]) und Hehewerth[22]) gelegentlich der Ausführung von Generationsdauerbestimmungen beim Bacterium typhi beobachtet haben. Es findet nämlich, speziell beim Überimpfen aus älteren Kulturen in frische Bouillon, eine Zeitlang nicht nur keine Vermehrung, sondern sogar eine mehr oder minder starke Verminderung der Anzahl lebender Bakterien statt. A. Fischer[23]), welcher zahlreiche Bakterien, darunter auch den Bac. fluor. liquef., auf dieses Verhalten geprüft hat, bezeichnet diesen eigenartigen Vorgang »als eine durch osmotische Störungen bedingte Plasmolyse bezw. Plasmoptyse«, und teilt hiernach die Bakterien ein in solche, welche sich plasmolysieren, und solche, die sich nicht plasmolysieren lassen.

Die folgenden Zahlen, welche gelegentlich eines Generationsdauerversuches gefunden worden sind, veranschaulichen dieses eigenartige Verhalten gewisser Bakterien in einer eklatanten Weise für den Bacillus fluorescens liquefaciens.

(Siehe Tabelle IX auf S. 160.)

Die auffallende Abnahme der Anzahl der lebenden Bakterien bei diesem Versuche findet in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen ihre hauptsächliche Ursache darin, daſs infolge eines Unfalles bei der 24stündigen Bouillonkultur aus einer drei Tage alten Bouillonkultur zum Zwecke der Generationsdauerbestimmung übergeimpft wurde. Daſs das Auftreten dieser

Erscheinungen ganz wesentlich durch das Alter der Kulturen bedingt wird, ergibt sich aus der Tabelle V. Hier ist eine Verminderung der Anzahl lebender Bakterien infolge des Überimpfens aus einer jungen Kultur nur bei 0° in geringem Maſse zu beobachten.

Tabelle IX.

Zeit nach der Impfung	Anzahl der lebenden Bakterien in 1 ccm Bouillon	Temperatur
—	61 700	
10 Min.	59 300	
1 St.	58 300	
2 »	41 500	30°
3 »	32 900	
4 »	34 300	
5 »	75 000	
6 »	191 300	
—	61 700	
15 Min.	60 400	
1 St.	57 900	
2 »	57 140	25°
3 »	51 430	
4 »	51 400	
5 »	60 000	
6 »	72 000	
—	61 700	
20 Min.	57 770	12°
2 St.	48 150	
4 »	40 500	
6 St.	31 430	
8 »	30 000	
10 »	34 300	12°
12 »	40 000	
24 »	7 300 000	
—	61 700	
25 Min.	58 500	
4 St.	48 150	
8 »	34 100	
12 »	46 000	6°
24 »	49 000	
28 »	71 300	
32 »	120 000	
—	61 700	
30 Min.	58 600	
24 St.	52 600	
2 Tage	45 500	0°
3 »	37 000	
4 »	49 000	
5 »	124 000	

d) Die untere Grenze für das Wachstum der Bakterien liegt jedenfalls unterhalb einer Temperatur von 0°. Leider konnten im hiesigen Institute noch keine Einrichtungen getroffen werden, welche es zum Zwecke der Bestimmung dieses Temperaturminimums ermöglicht hätten, auf längere Zeit hin beliebige konstante Temperaturen unter 0° herzustellen.

Mit Rücksicht auf späterhin zu ziehende Schluſsfolgerungen schien es jedoch angebracht, einmal die Frage zu prüfen, wie

sich die glacialen Bakterien gegenüber der Einwirkung mäſsiger Kältegrade verhalten würden.

Nach den Untersuchungen von Pictet und Joung[24]), Macfadyen[25]), Prudden[26]), Brehme[27]) u. a. erfolgt durch die Einwirkung der Kälte, je nach der Bakterienart, eine schnellere oder langsamere Abnahme der Anzahl lebender Individuen, während das Abtöten sämtlicher Bakterien nicht einmal durch eine intensive und lang andauernde Kälteeinwirkung erzielt werden kann. Als besonders geeignet zu einem Versuche in der Kälte schienen diejenigen Bakterien, welche bei 0° die kürzeste Generationsdauer zeigten. Von diesen Bakterien konnte angenommen werden, daſs sie sich am resistentesten gegen die Kälte verhalten würden. Um bei diesem Versuche die Anzahl der jeweiligen lebenden Bakterien feststellen zu können, wurde in folgender Weise verfahren:

Das der Kälteeinwirkung auszusetzende Bacterium wird in geringer Menge auf ca. 8 ccm Bouillon übergeimpft, und die Flüsstigkeit sodann gut durchmischt. Unmittelbar nach der Anfertigung einer Zählplatte werden je 2 ccm in eine Anzahl Reagensgläser steril überpipettiert, und diese sofort einer andauernden Kälteeinwirkung von — 2 bis — 12° ausgesetzt. Nach gewissen Zeiten wird dann immer je ein Röhrchen auf die Anzahl der vorhandenen lebenden Mikroorganismen (falls die Bouillon gefroren ist, sofort nach dem Auftauen) geprüft. Die folgende Tabelle gibt die mit den Bakterien B und D gewonnenen Resultate wieder:

Tabelle X.

Zeit nach d. Impfung	Anzahl der in 81 mg vorhandenen Bakterien	
	Bacterium B	Bacterium D
—	1140	720
3 Tage	420	46
5 »	57	—
7 »	3	—

Die nach erfolgter Anlage der Zählplatten bei 25° aufbewahrten Bouillonröhrchen lassen anfangs innerhalb von 2 Tagen, späterhin erst nach drei Tagen eine deutliche Trübung erkennen und zwar auch in den Fällen, in welchen sich das Rollröhrchen als steril erwies.

Es wird demnach auch bei den glacialen Bakterien durch die Einwirkung mäfsiger Kältegrade sowohl die Vermehrungsfähigkeit sistiert als auch ihre Lebensfähigkeit stark beeinträchtigt.

III.

Unter den durch die Lebenstätigkeit der Bakterien hervorgerufenen Zersetzungsprozessen beansprucht die Fäulnis das gröfste hygienische Interesse.

Es soll demgemäfs in diesem Abschnitte untersucht werden, ob auch bei einer Temperatur von 0° noch Spaltungsprozesse in organischen Substanzen stattfinden, welche mit der Fäulnis übereinkommen.

Bei dem komplizierten und ungeklärten Wesen des Fäulnisprozesses mufs sich dieser Abschnitt auf einige fundamentale Untersuchungen beschränken.

Die Fäulnis besteht in dem Abbau N-haltiger, hauptsächlich eiweifsartiger Substanzen zu einfacheren chemischen Verbindungen durch die Lebenstätigkeit der sogen. Fäulnisbakterien. Ebenso wie die Zahl dieser Bakterien eine mannigfaltige und grofse ist, sind auch die infolge der Fäulnisprozesse auftretenden Produkte von verschiedener chemischer Konstitution: NH_3; CO_2; H_2S; CH_4; aromatische Stoffe; N-haltige Säuren u. a. m. Von diesen Körpern können NH_3 und CO_2 als konstant vorkommend betrachtet werden. Die Zunahme dieser Körper in eiweifshaltigen Materialien durch die Lebenstätigkeit von Bakterien deutet demnach auf den Ablauf solcher Prozesse, welche mit der Fäulnis in ätiologischem Zusammenhange stehen. Inwieweit auch bei

0° eine Zunahme von NH_3 und CO_2 durch Bakterientätigkeit nachzuweisen ist, sollen die folgenden Versuche ergeben.

Es ist zwar bekannt, dafs eine Hauptgruppe der Fäulnisbakterien — die Proteusgruppe — bei einer Temperatur von 0° nicht mehr zu wachsen vermag; indes sind ja die Fäulnisbakterien von einer solchen Mannigfaltigkeit der Art, dafs man auch unter den bei 0° wachsenden Bakterien nach Repräsentanten der Fäulniserreger suchen darf. Schon das kulturelle Verhalten eines Bacteriums gestattet, seine Zugehörigkeit zur Gruppe der Fäulniserreger zu erkennen. Die Peptonisierung der erstarrten Gelatine, der Milch und des festen Blutserums sowie das Auftreten stinkender Produkte in diesen Nährmedien sind charakteristische Merkmale für die eiweifsabbauende Fähigkeit des betreffenden Bakteriums. Dafs auch unter den glacialen Bakterien Vertreter dieser Gruppe zu finden sind, ergibt sich aus ihren oben angeführten Eigenschaften, wonach sie mit Ausnahme des Bacteriums D sämtlich ihr Nährmaterial stark zersetzen. Fernerhin ist es auch von der Fluoreszens-Gruppe, die in 5 verschiedenen Rassen bei 0° wachsend gefunden wurde, bekannt, dafs diese Bakterien fast regelmäfsig in faulenden Substraten nachzuweisen sind und auch zersetzend in Tätigkeit treten.

Da sich das freie Ammoniak als solches nur schwer quantitativ nachweisen läfst, so wurde statt dessen die Menge des durch Magnesia usta abspaltbaren und als Ammoniak überdestillierenden Stickstoffes, der der Menge des vorhandenen freien Ammoniakes annähernd entspricht, bestimmt. Als eiweifshaltiges Nährsubstrat diente die gewöhnliche Löfflersche Bouillon. Zunächst wurde folgender Vorversuch angestellt:

Ein Erlenmayerscher Kolben mit ca. 150 ccm Bouillon wird mit einer Öse einer Bouillonkultur des Bacillus fluoreszens liquefaciens geimpft. Unmittelbar nach der Impfung, am 6. und 10. Tage wird mit je 20 ccm Bouillon die Menge des als NH_3 abspaltbaren N, sowie mit je 10 ccm der Gesamt-N nach der Kjeldahlschen Methode bestimmt. Der Kolben wurde im Brutschrank bei 25° aufbewahrt.

Tabelle V.

Bacillus fluorescens liquefaciens.

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
30°	1	1 325	—	—
	2	1 500	1 St.	335′ 16″
	3	3 200	3 »	165′ 43″
	4	28 125	6 »	81′ 42″
	5	150 000	8 »	70′ 21″
	6	862 500	10 »	64′ 11″
	7	832 500 000	24 »	74′ 46″
	8	1 092 000 000	30 »	91′ 36″
25°	1	1 325	—	—
	9	1 413	1 St.	(646′ 51″)
	10	2 290	3 »	228′ 6″
	11	11 875	6 »	113′ 48″
	12	56 250	8 »	88′ 46″
	13	210 000	10 »	82′ 6″
	14	720 000 000	24 »	75′ 36″
	15	744 000 000	30 »	94′ 26″
10° bis 12°	1	1 325	—	—
	16	2 143	3 St.	(260′ 20″)
	17	5 000	10 »	313′ 10″
	18	600 000	24 »	163′ 48″
	19	3 000 000	30 »	161′ 30″
	20	15 840 000	34 »	189′ 30″
	21	120 000 000	48 »	138′ 54″
	22	336 000 000	56 »	187′ 12″
	23	1 254 000 000	72 »	217′ 36″

Temperatur	Platten-Nr.	Bakterienzahl in 1 ccm Bouillon	Zeit nach d. Impfung	Generationsdauer
3° bis 6°	1	1 325	—	—
	24	1 460	10 St.	(71 St. 27′)
	25	4 160	24 »	45 » 24′
	26	13 000	48 »	14 » 40′
	27	640 000	72 »	8 » 4′
	28	8 880 000	96 »	7 » 33′
	29	47 000 000	120 »	8 » 4′
	30	124 400 000	144 »	8 » 14′
	31	504 000 000	168 »	9 » 4′
	32	1 153 000 000	216 »	26 » 17′
0°	1	1 325	—	—
	33	1 250	24 St.	—
	34	4 240	4 Tage	57 St. 13′
	35	390 000	8 »	23 » 25′
	36	3 120 000	10 »	21 » 26′
	37	61 200 000	14 »	21 » 41′
	38	106 600 000	16 »	23 » 33′
	39	342 000 000	18 »	24 » 2′
	40	675 000 000	21 »	26 » 35′
	41	1 125 000 000	24 »	29 » 14′
	42	1 800 000 000	42 »	49 » 29′

Es erübrigt sich, die Einzelheiten dieser Tabellen näher zu diskutieren, da dieselben nur einen allgemeinen Überblick über die Menge der lebenden Bakterien und die Intensität des Wachstums bei 0° im Vergleich mit höheren Temperaturen gestatten sollen.

Denkt man sich die Generationsdauerwerte eines Bacteriums auf ein Koordinatensystem aufgetragen, so lassen sich die Kurven für die einzelnen Temperaturen annähernd darstellen. Diese Kurven fallen sämtlich von der Ordinate gegen die Abszisse, ohne diese jemals zu erreichen, und steigen allmählich wieder bis schliefslich ins Unendliche. Der Scheitelpunkt der Kurve nähert sich um so mehr der Abszisse, je kürzer die Generationsdauer ist. Da nun die Generationsdauer wiederum von den herrschenden Temperaturverhältnissen direkt abhängig ist, so ist auch die Gestalt der Kurve je nach der herrschenden konstanten Temperatur eine verschiedene, und zwar der Art, dafs dieselbe bei höheren — das Wachstum günstig beeinflussenden — Temperaturen schnell und stark zur Abszisse fällt, um bald wieder mit geringerer Intensität bis schliefslich ins Unendliche zu steigen, während die Kurve bei niederer Temperatur entsprechend dem wachstumhemmenden Einflufs dieser Temperatur in flacherer Weise verläuft und sich gleichzeitig immer weniger mit ihrem Scheitel der Abszisse nähert.

Für die Werte der jeweiligen Anzahl lebender Bacterien kann man sich in gleicher Weise Kurven konstruiert denken, die im Gegensatz zu den Generationsdauerkurven vom Nullpunkt des Koordinatensystems aufsteigen. Das Ansteigen dieser Kurve erfolgt bei der Optimaltemperatur am stärksten und nimmt proportional dem Abfallen der Temperatur ab. Dem Ermessen nach werden diese Kurven allerdings nach verschieden langer Zeit eine gewisse, vielleicht annähernd gleiche Höhe erreichen, worauf in der umgekehrten Weise des Ansteigens das Abfallen der Kurven erfolgen wird. Da die Tabellen nur die Anzahl der lebenden Bakterien angeben, so wird natürlich die Kurve für die Gesamtzahl der produzierten Bakterien in späteren Stadien einen wesentlich anderen Verlauf nehmen.

Tabelle XIII.
Bacterium B.

Alter der Bouillon	100 ccm Bouillon enthalten (N in mg angegeben)			
	25°		0°	
	abspaltbaren N	Gesamt-N	abspaltbaren N	Gesamt-N
Tage				
—	15,67	287,35	22,62	283,86
2	21,77	285,61		
4	24,38	287,35	22,62	285,61
6	26,12	285,61		
8	31,15	287,35	23,51	282,82
10	46,15	285,61		
12	57,47	283,87	24,38	283,86
14	73,14	285,61		
16	85,33	282,12	25,25	283,86
18	104,49	278,64		
20	—	—	27,86	—

Tabelle XIV.
Bacterium C.

Alter der Bouillon	100 ccm Bouillon enthalten (N in mg angegeben)			
	25°		0°	
	abspaltbaren N	Gesamt-N	abspaltbaren N	Gesamt-N
Tage				
—	15,67	285,61	22,62	282,12
2	20,03	287,35		
4	22,64	285,61	22,62	283,86
6	27,86	289,09		
8	33,96	287,35	23,51	283,86
10	52,25	285,61		
12	67,92	283,87	24,38	282,12
14	76,63	283,87		
16	83,59	282,12	24,38	282,12
18	95,78	280,38		
20	—	—	24,38	—

Sämtliche bei 25° gehaltene Kolben zeigen nach 6—8 Tagen einen intensiven, an faulen Käse erinnernden Geruch, der während der ganzen Beobachtungszeit bei 0° nicht zu bemerken ist. Immerhin ist aber aus den Tabellen zu ersehen, daſs auch bei 0° noch eine nachweisbare Stickstoffabspaltung erfolgt, die natürlich entsprechend dem langsamer erfolgenden Wachstum als bei 25° — auch entsprechend geringer ist.

Die Menge des Gesamt-N bleibt bei 0° während der ganzen Versuchsdauer bei allen Bakterien konstant, während bei 25° eine geringe Abnahme desselben erfolgt. Für die Bildung flüchtiger N-haltiger Substanzen bei 25° spricht auch das Auftreten intensiver Geruchskörper gegen Ende des Versuches.

Die Verschiedenheit in den anfänglichen N-Werten für 25° und 0° findet darin ihre Ursache, daſs die Versuchsreihen nicht nebeneinander ausgeführt werden konnten, und daſs infolgedessen meistens eine andere Bouillon benutzt werden muſste.

Die Bildung von CO_2 durch Bakterien wurde in folgender Versuchsanordnung quantitativ bestimmt:

In einem kleinen Erlenmayerschen Kolben von ca. 300 ccm Fassungsvermögen befinden sich ca. 120 ccm Bouillon, welche

mit 81 mg einer 24stündigen Bouillonkultur geimpft werden. Durch diese Bouillon wird nach dem Prinzipe einer Waschflasche sofort die 6fache Menge des Kolbenvolumens CO_2-freie Luft gesogen, wodurch sämtliche im Kolben befindliche CO_2 ausgetrieben wird. Indem die Luft vor dem Eintreten in den Kolben und nach dem Austreten aus dem Kolben durch Waschflaschen mit Barytwasser geleitet wird, erhält man in der Waschflasche, durch welche die aus dem Kolben kommende Luft hindurchtreten mufs, diejenige CO_2, welche durch das betreffende Bacterium gebildet worden ist. Die Menge dieser CO_2 wird bei 25° alle 24 Stunden bestimmt.

Zu den Versuchen bei 0° wird der geimpfte Kolben zunächst 24 Stunden bei 25° gehalten und sodann bei 0° verbracht. Nach weiterem 24stündigen Verweilen des Kolbens bei 0° behufs vollständiger Annahme dieser Temperatur wird die vorhandene CO_2 vollständig entfernt, und hierauf in Zeiträumen von je 24 oder 48 Stunden die Menge der gebildeten CO_2 bestimmt.

Aus der Abnahme des Titers der Barytlösung mittels einer bekannten Oxalsäure unter Hinzufügung von Phenolphthalein als Indikator läfst sich die Menge der gebildeten CO_2 berechnen, die in den Tabellen XV—XVIII in ccm angegeben ist.

Tabelle XV.

Bacillus fluorescens liquefaciens		
	25°	0°
am	ccm CO_2	ccm CO_2
1. Tage	4,50	1,13
2. »	6,75	2,18
3. »	7,75	2,63
4. »	8,75	2,75
5. »	10,25	2,63
6. »	11,13	2,75
7. »	11,00	2,75
8. »	12,13	2,75
9. »	12,38	3,13
10. »	12,25	3,25
11. »	12,25	2,75
12. »	12,00	2,63
13. »	11,13	2,63
14. »	10,75	2,50

Tabelle XVI.

Bacterium A		
	25°	0°
am	ccm CO_2	ccm CO_2
1. Tage	2,75	1,13
2. »	3,75	} 2,50
3. »	5,25	
4. »	6,25	} 2,75
5. »	8,0	
6. »	9,75	} 3,13
7. »	11,13	
8. »	13,0	} 3,50
9. »	14,25	
10. »	14,50	} 3,50
11. »	14,25	
12. »	13,50	1,75
13. »	12,75	1,88
14. »	10,75	1,88

Tabelle XVII.

Bacterium B		
	25°	0°
am	ccm CO_2	ccm CO_2
1. Tage	14,75	3,0
2. »	23,75	3,13
3. »	28,0	3,0
4. »	23,25	3,25
5. »	24,25	3,13
6. »	23,75	3,25
7. »	22,0	3,38
8. »	23,75	3,5
9. »	22,75	3,38
10. »	24,50	3,63
11. »	19,50	3,75
12. »	17,0	3,80
13. »	16,75	3,80
14. »	13,0	4,13

Tabelle XVIII.

Bacterium C		
	25°	0°
am	ccm CO_2	ccm CO_2
1. Tage	5,50	1,13
2. »	6,75	2,0
3. »	6,38	
4. »	6,75	2,13
5. »	7,0	
6. »	6,63	2,13
7. »	7,0	
8. »	7,25	2,25
9. »	7,50	
10. »	7,50	2,55
11. »	7,25	
12. »	7,50	2,55
13. »	7,38	
14. »	7,50	2,55
15. »	6,75	
16. »	7,25	1,13

Aus diesen Versuchsreihen geht hervor, dafs auch bei 0° noch eine deutliche CO_2-Bildung stattfindet.

Da der zur Bildung der CO_2 nötige Kohlenstoff nur den organischen Bestandteilen der Bouillon entnommen werden konnte, so müssen auch hier Spaltungsprozesse abgelaufen sein.

Die Tabellen lassen fernerhin eine individuelle Verschiedenheit der Bakterien bezüglich ihres Verhaltens zur CO_2-Bildung erkennen.

Da das Bacterium A in seinen Kulturen eine intensive H_2S-Produktion zeigte, so schien es der Mühe wert, auch diesen Prozefs einer Prüfung bei 0° zu unterziehen. Die Methodik zur quantitativen Bestimmung des H_2S war die gleiche wie diejenige bei der CO_2-Bestimmung; nur wurde als absorbierendes Reagens für den H_2S anstatt der Barytlösung eine $\frac{N}{10}$ Jodkaliumlösung verwendet. Aus der Abnahme des Titers der $\frac{N}{10}$ Jodkaliumlösung mittels $\frac{N}{10}$ Natriumthiosulfatlösung unter Zusatz von

Stärkekleister als Indikator konnte die Menge des in einer gewissen Zeit gebildeten H_2S berechnet werden.

Tabelle XIX.

Bacterium A		
	25°	0°
am	ccm H_2S	ccm H_2S
1. Tage	2,18	
2. »	2,76	1,06 (1.–3.)
3. »	1,70	
4. »	1,28	
5. »	1,06	0,85 (4.–6.)
6. »	1,28	
7. »	1,28	
8. »	1,06	0,85 (7.–10.)
9. »	0,85	
10. »	0,64	
11. »	1,06 (11.–12.)	
12. »		0,85 (11.–14.)
13. »	1,28 (13.–14.)	
14. »		

Die auch bei 0° nachzuweisende H_2S-Abspaltung zeigt ebenso wie die Abspaltung bei 25° die Eigentümlichkeit, dafs die Menge des gebildeten H_2S zu Beginn des Versuches am gröfsten ist. Dieses Verhalten findet wohl darin seine Erklärung, dafs der Schwefel des Eiweifsmoleküls nur zum Teil leicht abspaltbar ist. Infolgedessen wird zu Beginn des Versuches die Menge des leicht abspaltbaren S, und somit auch die Menge des gebildeten H_2S am gröfsten sein.

Die Nachweisbarkeit einer NH_3-, CO_2- und H_2S-Abspaltung bei 0° gestattet die Schlufsfolgerung, dafs auch bei 0° sich Zersetzungsprozesse abspielen, welche mit der Fäulnis übereinstimmen.

IV.

a) Die zersetzende Tätigkeit der Bakterien beruht indirekt auf Fermentationen. In der gleichen Weise wie die Bakterienzelle ist auch die tierische Zelle zur Bildung von Fermenten befähigt, welche in ganz ähnlicher Weise wie die Bakterien orga-

nische Substanzen zu zersetzen vermögen. Inwieweit diese tierischen Fermente auch bei 0° Spaltungsprozesse hervorzurufen vermögen, soll durch die folgenden Versuche gezeigt werden.

Da die Zersetzungsprozesse des Fischfleisches bei niederer Temperatur späterhin einer hygienischen Betrachtung unterzogen werden sollen, so schien es angebracht, im speziellen die Wirksamkeit der aus den Fischen extrahierbaren Fermente bei 0° zu prüfen.

In der Literatur finden sich einige zum Teil widersprechende Angaben über das Verhalten der Verdauungsfermente der Fische bei niederer Temperatur:

Hoppe-Seyler[28]) stellte zuerst Verdauungsversuche mit dem Extrakte der Magenschleimhaut des Hechtes an und fand bei 15° eine schnellere Verdauung der Fibrinflocke als bei 40°. Die schnellste Verdauung trat bei ungefähr 20° ein. Wurde die Temperatur bis auf einige Grade über Null herabgesetzt, so fand sich immerhin noch keine Vernichtung der peptonisierenden Kraft, wenngleich die Einwirkung eine geringere als bei 15° war.

Im Gegensatz zu Hoppe Seyler fanden Krukenberg[29]) und Luchau[30]) die Wirkung des peptischen Fermentes der Fische bei 40° stärker als bei 15°. Während Luchau meinte, dafs das peptische Ferment der Fische das der Warmblüter darin an Wirksamkeit übertreffe, dafs es bei einer Temperatur noch wirke, bei welcher das Ferment höherer Tiere nicht mehr tätig sei und zerstört würde, widerlegte Krukenberg diese Ansicht, indem er nachwies, dafs Luchau quantitative Differenzen in der Wirksamkeit verschiedener Enzymlösungen für qualitative angesehen habe, und dafs in keiner Weise Unterschiede in der Wirksamkeit des peptischen Fermentes der Fische und desjenigen der Warmblütler zu konstatieren seien.

Fick und Murisier[31]) geben an, dafs der Magensaft von Hecht und Forelle noch bei 0° regelmäfsig lösend auf geronnenes Eiweifs wirke.

M. Flaum[32]), welcher auf Veranlassung Kroneckers den Einflufs niedriger Temperaturen auf die Funktionen des Magens

prüfte, fand gleichfalls, dafs bei 0° ohne Ausnahme eine peptische Verdauung erfolgte.

Da es nicht der Zweck dieser Untersuchungen war, die Wirkungsweise der Fermente selbst näher zu untersuchen, so konnten wir uns auf die einfachsten Versuche beschränken.

Pepsinversuche:

1. Die fein zerkleinerte Schleimhaut eines Hechtmagens wird 48 Stunden lang mit 25 ccm Glycerin digeriert, und das Gemenge hierauf filtriert. Zu je 10 ccm 0,25 proz. HCl-Lösung wird 1 ccm des Filtrates hinzugefügt, und nachdem die Röhrchen auf 24°, 8° und 0° gebracht worden waren, erhält jedes eine ca. 100 mg schwere Fibrinflocke. Die Kontrollröhrchen erhalten kein Extrakt.

Tabelle XX.

Fibrinflocke ist verdaut:

bei 24° nach	40 Minuten	Kontrollröhrchen ohne Glycerinextrakt zeigen nur eine Quellung der Fibrinflocke.
» 8° »	100 »	
» 0° »	230 »	

Da in diesem Versuche Profermente nicht in Wirkung treten konnten, so wurde versucht, durch Digeration mit verdünnter HCl ein wirksameres Extrakt zu erhalten.

2. Zu diesem Zwecke wird die Schleimhaut eines Hechtmagens mit ca. 25 ccm 0,25 proz. HCl-Lösung 12 Stunden lang digeriert, das Gemenge filtriert und sodann in gleicher Weise wie beim vorigen Versuch verfahren. Die Kontrollröhrchen erhalten kein Extrakt.

Tabelle XXI.

Fibrinflocke ist verdaut:

bei 24° nach	20 Minuten	Kontrollröhrchen ohne HCl-Extrakt zeigen nur eine Quellung der Fibrinflocke.
» 8° »	65 »	
» 0° »	140 »	

Das peptische Ferment zeigt demnach auch bei 0° eine unerwartet rasche Wirkung, welche allerdings in Übereinstimmung mit früheren Befunden bei 0° schwächer ist als bei höherer Temperatur.

Zur Erhaltung eines tryptischen Fermentextraktes wurde der Darmtractus magenloser Fische, welcher nach den Untersuchungen

Krukenbergs[33]) und Luchaus[34]) kein peptisches Ferment enthalten soll, in folgender Weise behandelt:

Der gereinigte Darmtractus eines fünfpfündigen Karpfens wird zerkleinert und mit 75 ccm einer 50proz. Glycerinlösung übergossen. Nach 24stündigem Digerieren bei gewöhnlicher Temperatur wird das Gemenge filtriert. Von dem klaren Filtrate werden zu je 10 ccm einer 1proz. Sodalösung 2,5 ccm hinzugefügt und die Röhrchen auf die gewünschten Temperaturen gebracht. Hierauf erhalten drei Röhrchen je ein gleich grofses Stück Nährgelatine und drei Röhrchen je eine Fibrinflocke von 100 mg. Die Kontrollröhrchen erhalten das gleiche, vorher auf 100° erhitzte Glycerinextrakt.

Tabelle XXII.

Gelatine ist aufgelöst:

bei	20°	nach	$2^3/_4$	Stunden
»	8°	»	16	»
»	0°	»	34	»

Fibrin ist aufgelöst:

bei	20°	nach	$5^1/_4$	Stunden
»	8°	»	31	»
»	0°	»	72	»

Sämtliche Kontrollröhrchen bleiben unverändert.

Das tryptische Ferment zeigt also bei 0° gleichfalls noch eine deutliche Wirkung.

Die Prüfung der Wirksamkeit des diastatischen Fermentes, welches nach den Untersuchungen Krukenbergs[35]) in der Leber der Cyprinoiden gebildet wird, wurde auf folgende Weise vorgenommen:

Die Leber eines fünfpfündigen Karpfens wird im Mörser zerrieben, mit 75 ccm einer 50proz. Glycerinlösung übergossen, und das Gemenge nach 24stündigem Digerieren filtriert. Von diesem Extrakte werden 5 ccm zu je 25 ccm eines 1proz. filtrierten Stärkekleisters, welcher vorher auf die gewünschte Temperatur gebracht wird, hinzugefügt und von Zeit zu Zeit mit je 2 ccm dieser Flüssigkeit Jodreaktionen angestellt. Die Kontrollröhrchen werden

in der gleichen Weise mit je 5 ccm des vorher auf 100° erhitzten Extraktes angesetzt.

Tabelle XXIII.

Temperatur	Opaleszenz verschwunden nach	Jodreaktion nach verschwundener Opaleszenz	Rotfärbung bei Jodzusatz nach	Durch Jod keine Färbung mehr hervorzurufen nach
25°	$1^1/_4$ Min.	violett	$3^1/_4$ St.	$8^1/_2$ St.
8°	5 »	»	18 »	44 »
0°	20 »	»	32 »	72 »

In den Kontrollröhrchen verschwindet die Opaleszenz nicht; die Jodreaktion ergibt eine tief dunkelblaue Färbung während der ganzen Versuchsdauer.

Es erfolgt also auch bei 0° durch die Einwirkung des diastatischen Fermentes eine vollständige Umwandlung der Stärke in Zucker.

Das Labferment erwies sich in allen Fermentextrakten als vorhanden, was nach den neueren Untersuchungen Pawlows leicht erklärlich ist.

Zu den folgenden Versuchen wurde die Schleimhaut eines Hechtmagens fein zerkleinert, zerrieben und mit 75 ccm einer 0,25 proz. HCl-Lösung übergossen. Nach 24 stündigem Digerieren wird das Gemenge durch Leinwand koliert.

Zunächst wurden zu je 5 ccm ungekochter Milch, welche vorher auf die gewünschte Temperatur gebracht worden war, 5 Tropfen dieses Extraktes hinzugefügt und sodann die Zeit bis zur deutlichen Gerinnung bestimmt.

Tabelle XXIV.

Gerinnung tritt ein:

bei 40° nach 2 Min.
» 25° » $5^1/_2$ »
» 15° » 25 »
» 7° » ca. 18 Stunden
» 0° tritt keine deutliche Gerinnung ein;

jedoch erkennt man nach 5 Tagen bei langsamem Schwenken des Röhrchens eine feinflockige Beschaffenheit der Milch. Von

der Kuppe des Röhrchens aus beginnt die Milch sich späterhin langsam aufzuhellen. Nach 20 Tagen besteht der Inhalt des Röhrchens aus einer klaren, grünen Flüssigkeit, auf deren Oberfläche eine weifse, dicke Fettschicht liegt. Das Nichteintreten einer deutlichen Gerinnung und das Aufhellen der Milch erklärt sich anscheinend aus der gleichzeitigen Pepsinwirkung des Extraktes.

Nach den Untersuchungen Fulds[36]) u. A. setzt sich die Gerinnungszeit einer mit Lab versetzten Milch aus zwei Summanden zusammen: 1. der Zeit, deren es bedarf, damit das Kasein annähernd in Parakasein übergeht: der Umwandlungszeit und 2. der Zeit, welche zur Ausscheidung des sichtbaren Labgerinnsels erforderlich ist: der Ausscheidungszeit. Da die letztere Gröfse, die Ausscheidungszeit, nach weiteren Untersuchungen Fulds bei niederer Temperatur bis zu mehreren Tagen braucht, um vollkommen in Erscheinung zu treten, während dieselbe bei höherer Temperatur in einigen Minuten und weniger verläuft, so wurde, um die Labwirkung bei 0° besser veranschaulichen zu können, der Versuch so angeordnet, dafs nur die I. Phase der Labwirkung bei 0° verläuft, während die II. Phase bei höherer Temperatur zum Ausdruck gebracht wird.

Zu diesem Zwecke wurde die Lablösung so verdünnt, dafs 5 ccm Milch von 0° + 1 ccm Lab von 0°, sofort nach Zusatz des Labes bei 40° (Wasserbad) gebracht, nach 7 Minuten gerinnen. Je länger die in gleicher Weise angesetzten Röhrchen bei 0° gehalten werden, um so mehr wird sich die Zeit verringern, welche nötig ist, damit diese Röhrchen bei 40° gerinnen, wie dies aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

Tabelle XXV.

Je 5 ccm Milch von 0° + 1 ccm Lab von 0° aufbewahrt bei 0°:	Gerinnung bei 40° nach:
0 Min.	7 Min.
10 »	6½ »
20 »	5½ »
30 »	4¾ »
45 »	4 »

Fortsetzung zu Tabelle XXV.

Je 5 ccm Milch von 0° + 1 ccm Lab von 0° aufbewahrt bei 0°:	Gerinnung bei 40° nach:
60 Min.	2 Min.
75 »	1 » 50 Sek.
90 »	1 » 45 »
105 »	1 » 10 »
120 »	55 »
150 »	45 »
24 Stdn.	45 »
48 »	45 »
96 »	45 »
	50 »*)

Die Erscheinung, daſs Milch, welche mit Lab versetzt bei 0° aufbewahrt worden war, beim Erwärmen sofort gerinnt, hat Morgenroth[37]) bereits beobachtet.

Die gleiche Versuchsreihe läuft bei 15° und 40° innerhalb folgender Zeiten ab:

Tabelle XXVI.

Milch mit Lab von 15°, aufbewahrt bei 15°:	Gerinnung bei 40° nach:
0 Min.	6 Min.
5 »	5 »
10 »	$2^1/_2$ »
15 »	$1^3/_4$ »
30 »	55 Sek.
35 »	35 »
40 »	16 »
45 »	ist bereits bei 15° geronnen.

Es läuft also die eigentliche Labwirkung auch bei 0° noch mit einer gewissen Intensität ab.

Gemäſs den Resultaten sämtlicher Versuchsreihen ergibt sich die Schluſsfolgerung, daſs eine Temperatur von 0° nicht im stande ist, den Ablauf fermentativer Prozesse zu behindern.

Dieses Resultat wird in gleicher Weise durch die Beobachtungen über den Ablauf der durch Bakterien bedingten fermen-

*) Gerinnung wird infolge feinflockigen Ausfallens des Käses schwer erkennbar.

tativen Prozesse bestätigt. (Peptonisierung der Gelatine und Traubenzuckervergärung bei 0°.)

b) Im Anschlusse an die Untersuchungen über die Wirksamkeit der Verdauungsfermente bei 0° möge jener eigenartige Zersetzungsprozefs des Fleisches eine eingehendere Betrachtung finden, welchen man im täglichen Leben als das »Reifen« des Fleisches bezeichnet.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, dafs das in den Kühlhäusern bei einer Temperatur von + 3 bis + 5° Celsius aufbewahrte Fleisch eine eigenartige und auffällige Veränderung erfährt, indem aus dem anfangs zähen, trockenen und unschmackhaften Muskelgewebe ein mürbes, saftiges und wohlschmeckendes Fleisch entsteht.

Über das Wesen dieses sogen. Reifungsprozesses hat man sich vielfach einer völlig irrigen Meinung hingegeben, indem man denselben als beginnende Fäulniserscheinung betrachtete, obwohl diese Ansicht bei näherer Prüfung den tatsächlichen Verhältnissen völlig widersprach. Da einerseits die kalte und gleichzeitig trockene Luft der Kühlräume kaum ein Bacteriumwachstum aufkommen läfst, und da anderseits nach den Untersuchungen von Prof. Forster und Presuhn[38]) das Eindringen von Bakterien — selbst unter den günstigsten Verhältnissen — innerhalb sechs Tagen auf kaum mehr als 1 cm Tiefe erfolgt, so müfsten bei der Annahme einer Bakterienwirkung nur die oberflächlichen Schichten dem Reifungsprozesse anheimfallen, während in Wirklichkeit selbst die kompaktesten Muskelmassen in toto diesem Prozesse in kurzer Zeit und bei niederer Temperatur unterliegen.

Dieses eigenartige Verhalten aus Erfahrung kennend, hatte Prof. Forster[39]), in Übereinstimmung mit den Anschauungen du Bois-Reymonds und anderer Physiologen, bereits vor Jahren seine Ansicht über das Reifen des Fleisches dahin ausgesprochen, dafs die Ursache dieses Prozesses in einer fermentativen Wirkung zu suchen sei.

Nachdem Nencki und Sieber[40]) und Salkowski[41]) dargelegt hatten, dafs auch bei vollkommenem Ausschlusse der Fäulnis postmortal eine Spaltung der Eiweifsstoffe in tierischen Organen

auf fermentativem Wege erfolgt, fand diese Ansicht eine weitere Bestätigung.

In den folgenden Versuchen soll nun geprüft werden, ob der von Salkowski als Autodigestion, von Jacobi[42]) als Autolyse bezeichnete fermentative Prozefs auch bei einer Temperatur von 0° noch am Fleisch vom Fisch und Säugetier abläuft, und ob derselbe mit dem bei niederer Temperatur erfolgenden Reifen des Fleisches in kausalem Zusammenhange steht.

Der Ablauf des autolytischen Prozesses am Fischfleische hatte gleichfalls ein besonderes praktisches Interesse. Die schnelle Zersetzung der Fische ist eine bekannte Tatsache und bedingt eine baldige Genufsuntauglichkeit des Fleisches derselben. Nach Untersuchungen Schmidt-Nielsens (nicht veröffentlicht) im hiesigen Institut erwies sich das Fleisch eines Karpfens nach ca. 14 tägigem Aufbewahren im Eisschranke als vollkommen bakterienfrei im Innern. Trotzdem hatte der Karpfen bereits eine solche Beschaffenheit angenommen, dafs derselbe als vollkommen genufsuntauglich bezeichnet werden mufste.

Es konnte natürlich nicht unsere Aufgabe sein, die Biochemie der Autolyse des Fleisches klarzulegen, sondern für uns kamen in erster Linie hygienische Fragen in Betracht: Erleidet das Fleisch unter dem Einflusse der Autolyse eine Veränderung des Geschmackes, Geruches sowie der Konsistenz und inwieweit dürfte hierbei eine Spaltung des Muskeleiweifses in Betracht kommen?

Als besonders geeignet zur Prüfung dieser Fragen bei den Fischen scheinen diejenigen, welche ein längeres Aufbewahren infolge einer bald auftretenden Geschmacksveränderung nicht zulassen. Die Forelle, welche dieses eigentümliche Verhalten in besonderem Mafse zeigt, war zur Zeit meiner Versuche nicht erhältlich. Infolgedessen mufsten sich die Untersuchungen auf den Barsch und Karpfen beschränken, welche sich gleichfalls infolge einer schnell eintretenden unangenehmen Geschmacksveränderung nur auf kurze Zeit nach dem Tode aufbewahren lassen.

Die Prüfung einer Autolyse an dem als Nahrungsmittel dienenden Fleische stöfst infolge der Ubiquität der Fäulnisbakterien auf gewisse Schwierigkeiten. Das Fernhalten der

Fäulnis durch solche Reagentien, welche die Bakterien abtöten ohne die Wirksamkeit der autolytischen Fermente aufzuheben, konnte deshalb nicht zur Anwendung kommen, weil hierdurch die uns interessierenden hygienischen Fragen der Geschmacks- und Geruchsveränderung nicht hätten beantwortet werden können, und da fernerhin die Anwendung der Antiseptica eine nicht unerhebliche Beeinträchtigung in der Intensität des Ablaufes der autolytischen Spaltungsprozesse bewirkt. Um daher die Wirkung der Autolyse in der natürlich verlaufenden Weise und mit Rücksicht auf die zu beantwortenden hygienischen Fragen prüfen zu können, mufste ein aseptisches Verfahren zur Anwendung kommen.

Dieser Anforderung wurde zunächst durch folgende Versuchsanordnung zu genügen versucht:

Zwei Barsche von 2½ Pfund Gewicht werden unmittelbar nach Durchtrennung des Rückenmarkes kräftig geschuppt, in Sublimatwasser abgewaschen und ausgenommen. Sodann werden in möglichst steriler Weise Kopf und Flossen abgeschnitten, die Haut vollständig abgezogen und die Wirbelsäule entfernt. Nach abermaligem Abspülen dieser Fleischmassen in Sublimatlösung und hierauf in sterilem Wasser werden dieselben zwischen Lagen sterilen Fliefspapieres getrocknet, durch eine ausgekochte Fleischmaschine getrieben, und die zerkleinerte Masse in zwei sterilen Gefäfsen aufgefangen. Diese werden bei 0° und 12° aufbewahrt. Nach bestimmten Zeiten werden gewisse Mengen des Materiales steril entnommen und auf Stickstoffgehalt, Geschmack, Geruch und Sterilität geprüft.

Tabelle XXVII.

Alter des Fleisches	N durch MgO abspaltbar von 10 g Fleisch (N in mg)	Gesamt-N von 10 g Fleisch nach Kjeldahl (N in mg)	N durch MgO abspaltbar von 10 g Fleisch (N in mg)	Gesamt-N von 10 g Fleisch nach Kjeldahl (N in mg)
	12°		0°	
—	4,84	294,60	4,84	294,60
2 Tage	6,20	293,27	—	—
3 »	7,46	291,88	5,89	291,53
4 »	9,67	292,69	—	—
5 »	—	—	5,76	290,07
7 »	—	—	7,39	294,66
9 »	—	—	6,0	290,75

Nach diesen N-Werten scheint die Menge des abspaltbaren N sowohl bei 25° als auch bei 0° zuzunehmen. Der Gesamt-N läfst infolge der Schwankungen der erhaltenen Werte keine Schlufsfolgerung ziehen.

Das bei 12° aufbewahrte Fleisch zeigt bereits nach zwei Tagen in gekochtem Zustande einen intensiv kratzenden Geschmack und einen stechenden unangenehmen Geruch. Bei 0° sind am fünften Tage die gleichen Erscheinungen zu bemerken, welche ständig an Intensität zunehmen.

Der unangenehme Geruch tritt im Magnesiadestillate ganz besonders zutage und nimmt auch hier mit dem Alter des Fleisches an Stärke zu.

Die angefertigten Platten ergeben, dafs das Material zu Beginn des Versuches als steril anzusehen ist, und dafs auch bei 0° während der ganzen Dauer des Versuches kein nennenswertes Bakterienwachstum stattgefunden hat. Das bei 12° aufbewahrte Material zeigt am dritten und vierten Tage eine Verunreinigung mit Bakterien.

Da die Schwankungen in den N-Werten durch einen gröfseren oder geringeren Wassergehalt des Fleisches bedingt sein konnten, und da sich das Material bei 12° späterhin verunreinigt erwies, so wurde versucht, auf folgende Weise bessere Resultate zu erhalten:

Ein achtpfündiger Karpfen wird unmittelbar nach dem Töten ca. 1 Minute lang gebrüht, geschuppt, Kopf, Flossen und Eingeweide entfernt, die Haut vollständig abgezogen und sofort ca. 5 Minuten in Sublimatwasser gelegt. Sodann wird derselbe in sterilem Wasser abgespült und in sechs annähernd gleiche Teile zerlegt. Nachdem jedes Fleischstück 2 Minuten in kochendem Wasser verweilt hat, wird jedes einzelne Stück sofort in eine sterile feuchte Glaskammer gebracht, dieselbe abgekühlt und drei Gläser bei 20° sowie drei Gläser bei 0° aufbewahrt. Zu den feuchten Kammern werden Kappengläser verwendet, welche durch eine Wattelage und Glasdeckel bakteriendicht verschlossen werden. Der Boden ist mit Sublimatwasser bedeckt. Um das Fleisch nicht mit dieser Flüssigkeit in Berührung kommen zu

lassen, werden kleine Gefäfse umgekehrt in die Glaskammer eingestülpt, auf denen das Fleisch in einer erhöhten Lage gehalten wird.

Infolge einer mir zu Gesicht gekommenen Arbeit von Vogel[43]) über den Muskelsaft wurden die N-Bestimmungen mit dem durch die hydraulische Presse gewonnenen Muskelsafte dieser Fleischstücke ausgeführt.

Im Gegensatze zum Fleische der Säugetiere, welches bekanntlich unmittelbar nach dem Schlachten selbst unter Anwendung des stärksten Druckes keinen Saft auspressen läfst, gibt das Fischfleisch sofort nach dem Töten schon bei Anwendung eines nicht allzu hohen hydraulischen Druckes eine relativ grofse Menge Saft, die bei fortschreitender Autolyse noch weiterhin zunimmt. Dieser Saft ist von grauroter trüber Färbung; auf der Oberfläche scheiden sich meistens gröfsere Fettropfen ab, die jedoch durch Filtrieren leicht entfernt werden. Die Reaktion des Saftes ist eine saure, welche an Intensität zunimmt.

Nach einiger Zeit erfolgt durch die Einwirkung der Autolyse ein selbständiges Austreten von Muskelsaft, was sich aus der Färbung und Menge der am Boden des Glases befindlichen Flüssigkeit zu erkennen gibt. Infolge gleichzeitiger Anwesenheit von Sublimatwasser wurde dieser Saft keiner Prüfung unterzogen.

Die N-Bestimmungen im hydraulisch geprefsten Safte ergeben die in Tabelle XXVIII aufgeführten Werte.

Tabelle XXVIII.

Alter des Fleisches	Durch MgO abspaltbarer N in 10 ccm Saft (N in mg)	Gesamt-N in 2,5 ccm Saft (Kjeldahl) (N in mg)	Durch MgO abspaltbarer N in 10 ccm Saft (N in mg)	Gesamt-N in 2,5 ccm Saft (Kjeldahl) (N in mg)
	20°		0°	
—	5,17	33,30	5,17	33,30
3 Tage	5,45	34,45	—	—
6 »	4,59	36,75	—	—
7 »	—	—	4,59	34,45
9 »	4,48	41,05	—	—
14 »	—	—	4,88	39,05
25 »	—	—	4,59	40,77

Das Material erwies sich in allen Fällen als vollkommen steril.

Demnach erfolgt unter dem Einflusse der Autolyse eine Umwandlung des festen N in löslichen N, wie sich aus den Werten für den Gesamt-N des Saftes = löslicher N des Fleisches ergibt. Dieser Prozefs erfolgt auch bei 0° in ziemlich intensiver Weise. Die Menge des abspaltbaren N scheint dagegen konstant zu bleiben. Wie sich der freiwillig ausgetretene Saft bezüglich seines N-Gehaltes verhält, konnte wegen seiner Vermischung mit Sublimatwasser nicht festgestellt werden. Jedenfalls ergibt sich aber aus diesem Versuche, dafs auch bei 0° der autolytische Prozefs unter einer Spaltung des Eiweifsmoleküls mit auffallend starker Intensität noch verläuft.

Wie bei dem ersten Versuche, so zeigten auch hier sämtliche Destillationen mit dem Fleischsafte einen eigenartigen widerlichen Geruch. Derselbe ist zwar auch bereits beim ersten Destillate mit frischem Safte bemerkbar, tritt jedoch bei jeder späteren Destillation in verstärktem Mafse zutage.

Das frische Fleisch selbst besitzt sowohl roh als auch gekocht lediglich den charakteristischen Fischgeruch und Geschmack. Die zweite Prüfung — bei 20° nach drei Tagen, bei 0° nach acht Tagen — zeigte bereits in starkem Mafse den stechenden, widerlichen, tranig-ranzigen Geruch und kratzenden Geschmack, sowohl im rohen als auch ganz besonders im gekochten Zustande des Fleisches.

Das Auftreten dieses Geruch- und Geschmackkörpers im Kjeldahldestillate spricht für eine äufserst schwer zerlegbare chemische Substanz. Weitere Nachforschungen ergaben, dafs dieser Körper sowohl aus saurer als auch aus alkalischer Lösung überdestilliert. Nach längerem Stehenlassen des luftdicht verschlossenen Destillates scheidet sich an der Glaswand ein fettiger, in kaltem Wasser unlöslicher Körper ab, welcher auch nach dem Abgiefsen des Wassers den eigentümlichen Geruch zeigt. Derselbe ist in Alkohol und Äther löslich, in der Wärme leicht schmelzend und verflüchtigend, sowie von amorpher Struktur.

Dieser, auf autolytischem Wege entstehende Körper scheint in einem innigen Zusammenhange mit der eigenartigen und schnellen Geschmacksveränderung des Fischfleisches zu stehen.

Fernerhin zeigt das rohe Fischfleisch in frischem Zustande eine gewisse, wenn auch geringe Elastizität des Gewebes und läfst den Finger nur schwer durch Druck in das Gewebe eindringen. Diese Beschaffenheit verliert der Muskel bei 20° und 0° schnell und wird so mürbe, dafs ein schwacher Druck mit dem Finger genügt, um denselben in den Muskel einzubohren.

Gemäfs diesen Befunden sowie in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen als auch gewissen Erfahrungen des täglichen Lebens mufs es als feststehend erachtet werden, dafs das Fischfleisch auch ohne die Einwirkung der Bakterientätigkeit auf rein fermentativem Wege eine solche Veränderung (und Zersetzung) erfahren kann, dafs es vom hygienischen Standpunkte aus als ein minderwertiges oder verdorbenes Nahrungsmittel erscheint. Dieser Zersetzungsprozefs läuft sowohl bei 20° als auch bei 0° ab.

Zur Prüfung der Autolyse des Säugetierfleisches wurde in folgender Weise verfahren:

Ein ca. 3 kg schweres, sehnen- und faszienfreies Stück Muskulatur eines frisch geschlachteten Rindes wird nach Anlegung frischer Oberflächenschnitte ca. 5 Minuten in Sublimatwasser gelegt und sodann möglichst steril in würfelförmige Stücke von ca. 250 g zerteilt. Nach 2 Minuten langem Eintauchen dieser Würfel in kochendes Wasser wird jeder sofort in eine sterile feuchte Kammer verbracht. Sodann werden nach erfolgter Abkühlung der Kammern drei Gläser bei 25° und drei bei 0° aufbewahrt. Nach gewissen Zeiten werden mit dem hydraulisch geprefsten Safte dieser Fleischstücke und nach vorheriger Entfernung der koagulierten Oberfläche N-Bestimmungen ausgeführt und das Fleisch selbst auf Geruch, Geschmack und Konsistenz geprüft.

Zu Beginn des Versuches läfst das frische Fleisch nur schwer und in geringer Menge mittels der hydraulischen Presse einen Saft gewinnen. Derselbe ist späterhin leichter und in

grösserer Menge erhältlich; zum Teil wird sogar der Muskelsaft unter der Einwirkung der Autolyse nach einiger Zeit freiwillig abgegeben, wie aus der Menge und der Farbe der am Boden des Glases befindlichen Flüssigkeit ersichtlich war.

Der vollkommen klare, hellrote Saft ist von saurer Reaktion, die mit der Zeit an Intensität zunimmt.

Die N-Bestimmungen des Saftes ergeben folgende Werte:

Tabelle XXIX.

Alter des Fleisches	Durch MgO abspaltbarer N von 10 ccm Saft (N in mg)	Gesamt-N in 2,5 ccm Saft (Kjeldahl) (N in mg)	Durch MgO abspaltbarer N von 10 ccm Saft (N in mg)	Gesamt-N in 2,5 ccm Saft (Kjeldahl) (N in mg)
	20°		0°	
—	4,02	37,90	4,02	37,90
3 Tage	4,88	42,20	—	—
6 »	4,02	43,07	—	—
7 »	—	—	5,17	41,06
9 »	2,30	47,78	—	—
14 »	—	—	3,16	42,78
25 »	—	—	2,87	45,65

Die Fleischstücke erwiesen sich sämtlich als steril.

Es bewirkt demnach die Autolyse auch beim Fleische, wie aus der vorstehenden Tabelle ersichtlich ist, sowohl bei 25° als bei 0° eine Umwandlung des in festem Zustande vorhandenen N in löslichen N, während die Menge des abspaltbaren N im gepressten Safte anscheinend abnimmt. Wie schon erwähnt, ist jedoch ein Teil des Saftes freiwillig ausgetreten, so dass die Vermutung nahe liegt, dass die Menge des abspaltbaren N im ausgeflossenen Safte eine Zunahme erfahren haben wird. Eine diesbezügliche Prüfung wurde wegen der gleichzeitigen Anwesenheit von Sublimatwasser am Boden des Gefässes nicht vorgenommen, ist auch für die aus den Versuchen zu ziehenden Konsequenzen ohne Belang, da aus den obigen Befunden zur Genüge hervorgeht, dass auch bei 0° der autolytische Prozess unter einer Einwirkung auf die eiweisshaltigen Substanzen. des Fleisches abläuft.

Fernerhin wurden folgende mit den Sinnesorganen wahrnehmbare Veränderungen bei beiden Temperaturen wahrgenommen:

Infolge der Autolyse büfst der elastische frische Muskel allmählich seine Elastizität ein und wird vollkommen mürbe. Die anfangs glasig hellrote Färbung verwandelt sich in ein tiefes undurchsichtiges Dunkelrot. Der Geruch des Fleisches wird bei 25° nach drei Tagen, bei 0° nach 14 Tagen ein intensiv und angenehm säuerlicher. Das anfangs zähe, trockene und wenig schmackhafte Fleisch wird mit zunehmendem Alter immer mürber, saftiger und wohlschmeckender. Allerdings geht, wenn das Schlachtfleisch, so vor der Einwirkung von Bakterien geschützt, sehr lange aufbewahrt wird, auch die autolytische Spaltung endlich so weit, dafs dessen Genufsfähigkeit, wie weitere Untersuchungen aus unserem Institute zeigen werden, leidet.

Aus diesen Befunden geht hervor, dafs sich auch am Fleische bei 0° Spaltungsprozesse abspielen, welche durch die Tätigkeit unbekannter Fermente und ohne gleichzeitige Bakterienwirkung hervorgerufen werden. Da diese Prozesse in ihrer Gesamtwirkung mit dem Reifungsprozesse des Fleisches übereinstimmen, so mufs es als feststehend erachtet werden, dafs die an der Muskulatur sich abspielende postmortale Veränderung, welche als das »Reifen« des Fleisches bezeichnet wird, nur durch die Einwirkung jener fermentativen Tätigkeit hervorgerufen wird, welche das Wesen der Autolyse bedingen.

Somit mufs auch die Ansicht Glages[44]), dafs das Aroma des Fleisches durch das Wachstum bestimmter Bakterien bewirkt sei, als irrtümlich bezeichet werden.

Ein Vergleich des autolytischen Prozesses beim Säugetier- und Fischfleische läfst die eigenartige Wirkung der Autolyse auf die weitere Verwertungsfähigkeit dieser Fleischsorten als menschliches Nahrungsmittel erkennen. Das Fleisch der Säugetiere erlangt durch die Einwirkung des autolytischen Prozesses (= Reifung) jene Beschaffenheit, welche ihm den Stempel der Vollwertigkeit aufdrückt; der analoge Prozefs am Fischfleische bedingt eine solche Veränderung im Nahrungs- und Genufswert desselben, dafs das letztere schliefslich als ein verdorbenes Nahrungsmittel anzusehen ist. Bekanntlich existieren nur wenige Fischsorten, deren Fleisch nach dem Tode mehrere Tage ohne die eigen-

tümliche, sie minderwertig machende Geschmacksveränderung aufbewahrt werden kann. Auch aus dieser Tatsache, dafs bestimmte Fischsorten, obwohl sie in der gleichen Weise wie andere behandelt werden, doch ständig ein anderes Verhalten zeigen, läfst sich gleichfalls indirekt die Schlufsfolgerung ziehen, dafs die schnell auftretenden Geschmacksveränderungen in einer postmortalen nichtbakteriellen Fermentation zu suchen sind.

V.

Die zu Beginn dieser Arbeit aufgeworfene Frage über die Ursache der bei niederen Temperaturen und speziell bei 0° erfolgenden Zersetzungsprozesse an animalen Nahrungsmitteln kann jetzt dahin beantwortet werden, dafs dieselben sowohl bakterieller als auch rein fermentativer Natur sind.

Allerdings laufen die Zersetzungsprozesse bei 0° entsprechend dem langsameren Wachstum der Bakterien und der verminderten Wirksamkeit der Fermente mit geringerer Intensität als bei höheren Temperaturen ab, wie dies in Übereinstimmung mit der Erfahrung des praktischen Lebens nicht anders erwartet werden konnte. Die Temperatur von 0° ist an und für sich jedoch nicht hinreichend, um die animalen Nahrungsmittel längere Zeit vor dem durch bestimmte Zersetzungsprozesse bedingten Verderben schützen zu können.

Während man vielfach das Verderben der animalen Nahrungsmittel ausschliefslich einer bakteriellen Tätigkeit zugeschrieben hat, dürften die vorliegenden Untersuchungen den Beweis erbracht haben, dafs auch eine rein fermentative, durch die tierische Zelle selbst hervorgerufene postmortale Wirkung gewissen Nahrungsmitteln jene Beschaffenheit verleihen kann, welche vom Standpunkte der praktischen Fleischhygiene als die eines »verdorbenen« Nahrungsmittels bezeichnet werden mufs.

Welche Mafsregeln hat man nun vom hygienischen Standpunkte aus getroffen, um das Fleisch, den Ansprüchen des täglichen Lebens gemäfs, längere Zeit vor dem Verderben schützen zu können?

In dieser Hinsicht hat sich die Kälte als das einzige rationelle Konservierungsmittel zur Erhaltung des Fleisches im natürlichen Zustande erwiesen. Dieselbe findet denn auch zur Konservierung des Fleisches der Säugetiere, dank der vorzüglich entwickelten Technik, eine ganz aufsergewöhnliche Anwendung in den Kühlräumen der Schlachthöfe.

Allerdings ist es in den Kühlhäusern nicht allein die niedrige Temperatur von + 3° bis + 5° C, welche die Haltbarkeit des Fleisches bedingt, sondern hier tritt, — um die Anwendung extensiver Kältegrade vermeiden zu können — als zweiter konservierender Faktor die gleichzeitige Trockenheit der Luft hinzu. Diese empirisch gemachte Erfahrung fand erst später durch Prof. Forster in der entwicklungshemmenden Eigenschaft der Kälte und Trockenheit auf das Wachstum der Bakterien ihre wissenschaftliche Erklärung. Indem die wasserarme Luft die Oberfläche des Fleisches austrocknet, und die niedrige Temperatur die Vermehrung der Bakterien verzögert, werden durch die Wechselwirkung dieser beiden Faktoren den Bakterien die nötigen Existenzbedingungen geraubt, wodurch wiederum auch gleichzeitig ihre zersetzende Lebenstätigkeit verhindert wird.

Von welch' wesentlichem Einflusse die gleichzeitig trockene Luft für die Konservierung des Fleisches ist, ergibt sich aus dem Umstande, dafs Fleisch, welches in gleich temperierten Eisschränken oder direkt auch auf Eis gelagert bewahrt wird, wesentlich schneller dem Verderben anheimfällt als das in den Kühlräumen aufbewahrte Fleisch: Hier finden die Bakterien infolge der gleichzeitig vorhandenen Feuchtigkeit für ihre Vermehrung bei dieser Temperatur die Bedingungen, welche eine relativ schnelle Fäulnis zur Folge haben müssen.

In ähnlicher Weise erklärt sich auch das häufige und unerwartet schnelle Eintreten von Fäulniserscheinungen an solchem Fleische, das nach längerem Aufbewahren im Eisschranke oder auf dem Eise bei Zimmertemperatur verbracht wird. Infolge der günstiger gewordenen Temperaturverhältnisse für eine schnelle Vermehrungstätigkeit der Bakterien verkürzt sich sofort die Generationsdauer dieser nun schon reichlich vorhandenen Mikro-

organismen. Es entsteht so anscheinend explosiv in kurzer Zeit eine solche Unmenge von Bakterien, dafs das schnelle Auftreten von Fäulniserscheinungen als der Ausdruck ihrer Lebenstätigkeit leicht erklärlich ist.

Die grofse volkswirtschaftliche Bedeutung der Kühlräume liegt jedoch nicht allein in der Behinderung der Bakterientätigkeit sondern auch weiterhin in der Nichtbehinderung jener fermentativen Zersetzungsprozesse, welche durch das sogen. »Reifen« erst die Vollwertigkeit des Fleisches als Nahrungsmittel erzeugen.

In dieser Hinsicht müssen die modernen Kühlhäuser mit gleichzeitig trockener und kalter Luft als eine der vollkommensten hygienischen Einrichtungen betrachtet werden.

Der wohltuende Einflufs, den die Kühlräume auf die Beschaffenheit des Fleisches ausüben, wird sogar vielfach gar nicht voll ausgenutzt, da es wenigstens in Deutschland nicht Sitte ist, das Fleisch in möglichst reifem Zustande zu geniefsen. Dieser in England übliche Gebrauch, das Fleisch bis zu 14 Tagen in den Kühlräumen zu belassen, verleiht demselben eine solche Zartheit und Mürbigkeit, dafs der Braten mit einem besonderen kulinarischen Genusse halbgar verspeist werden kann. Vielleicht hat die in Deutschland übliche Sitte, das Fleisch vielfach in gekochtem Zustande zu geniefsen, seither die Einbürgerung des stärkeren Reifenlassens verhindert, da die aus lange gereiftem Fleische bereitete Suppe einen anderen und nicht den vollen Geschmack besitzt, den zu empfinden wir beim Genusse unserer Fleischbrühe gewohnt sind.

Im Gegensatze zu der Versorgung breiter Volksklassen mit frischem Fleische der Säugetiere genügt der Grofshandel mit frischer Fischware nur in beschränktem Mafse den zu stellenden hygienischen Anforderungen. Die Unzulänglichkeit der üblichen sanitären Mafsregeln dokumentiert sich denn auch bei den Fischen in dem schnellen Verderben, dem dieselben selbst unter den günstigsten Aufbewahrungsbedingungen unterworfen sind. Infolge dieses Umstandes hat denn auch der Konsum des frischen Fischfleisches im Vergleich zu demjenigen des Säugetierfleisches noch keine entsprechende volkswirtschaftliche Bedeutung erlangen können.

Um den Fischhandel und hierdurch den Fischkonsum zu heben, bedarf es einer Konservierungsmethode, welche es gestattet, die Fische in frischem Zustande unabhängig von einer längeren Zeitfrist erhalten zu können. Das Räuchern, Pökeln und Trocknen der Fische kann infolge einer gewissen Minderwertigkeit dieser Ware keinen vollen Ersatz für das frische Fischfleisch leisten. Bereits an früherer Stelle ist ausgeführt worden, daſs die schnelle Geschmacksveränderung, der die Fische unterworfen sind, durch den analogen Prozeſs nichtbakterieller sondern rein fermentativer Tätigkeit erzeugt wird, welcher beim Fleisch der Säugetiere das Reifen bedingt. Demnach ist auch das Fernhalten der Fäulnis, wie dies beim Fleische der Warmblüter in den Kühlhäusern der Schlachthöfe geschieht, nicht im stande, die Eigenschaften des frischen Fischfleisches zu erhalten, da der durch die fermentative Tätigkeit der Autolyse bedingte Prozeſs in den Kühlhäusern nicht sistiert wird, und da dieser Vorgang die Qualität des Fischfleisches im Gegensatz zum Säugetierfleische sehr rasch verschlechtert. Es muſs also, um die Fische in frischem Zustande erhalten zu können, auch diese postmortale Fermentation verhindert werden. Für die Bakterien ist bereits an früherer Stelle gezeigt worden, daſs ihre Lebensfähigkeit bereits wenige Grade unter Null beeinträchtigt und ihre Lebenstätigkeit völlig sistiert wird. In gleicher Weise kann man aus der Abnahme der Intensität fermentativer Tätigkeit bei niederer Temperatur schlieſsen, daſs bei Einwirkung einer gewissen Kälte schlieſslich auch jede Fermentwirkung sistieren muſs. Um uns hiervon zu überzeugen, wurde folgender Versuch angestellt:

Ein Karpfen wird unmittelbar nach dem Töten und der Entnahme eines Teiles desselben in einer Büchse der ständigen Einwirkung einer Kälte von — 8° bis — 18° ausgesetzt. Am 8. und 18. Tage wurde je ein Teil des hartgefrorenen Karpfens zwecks Prüfung seiner Beschaffenheit entnommen.

Der lösliche N des Fleisches betrug in 2,5 ccm Saft — sofort 33,88; nach 8 Tagen 33,30; nach 18 Tagen 33,59 mg. Bezüglich des Aussehens des Fleisches in rohem Zustande, als auch des Geruches und Geschmackes in gekochtem Zustande, konnten

keine Wahrnehmungen gemacht werden, welche auf eine er-Veränderung des Fleisches innerhalb von 18 Tagen hätten schliefsen lassen können. Die Schwankungen der N-Werte fallen in die Fehlergrenze, so dafs also auch keine Proteolyse zu konstatieren ist.

Durch das sofortige Gefrierenlassen nach dem Töten kann man demnach die Eigenschaften des frischen Fischfleisches auf längere Zeit hin erhalten, da im gefrorenen Zustande der Ablauf der Zersetzungsprozesse verhindert wird.

Prof. Forster[45]) hat bereits in einer früheren Veröffentlichung die Forderung ausgesprochen, Fang, Tötung und Gefrieren der Fische unmittelbar aufeinander folgen zu lassen, als von Norwegen aus der Versuch gemacht worden war, Schellfische in gefrorenem Zustande nach Holland einzuführen. Diese Fische erwiesen sich nicht völlig gleichwertig denen, welche unmittelbar nach dem Schlachten zubereitet waren. Da sich in der Leibeshöhle der aufgetauten Fische bereits eine gröfsere Anzahl von Bakterien fand, so konnte hieraus geschlossen werden, dafs die Fische nach dem Ausnehmen einige Zeit bei gewöhnlicher Temperatur liegen geblieben waren, bevor sie in die Gefrierkammer verbracht wurden. Wenn nun auch die damalige Ansicht, dafs die schnelle Geschmacksveränderung durch die Tätigkeit der Bakterien bedingt werde, nicht mehr ausschliefslich zu Recht besteht, so behält trotzdem die gestellte Forderung zur Erhaltung einer vollkommen unveränderten Ware ihre volle Berechtigung, da diese für die Fermentwirkung in gleicher Weise wie für die Bakterientätigkeit gilt, und da nur die Einhaltung jeglichen postmortalen Zersetzungsprozesses die Fische vor dem Verluste ihrer wohlschmeckenden Beschaffenheit bewahren kann. Demnach kann auch der Fischhandel — unabhängig vom Alter der Fische — den Markt mit einer frischen und wohlschmeckenden Ware versehen, sofern die Technik dafür sorgt, dafs die Fische vom Fange und Tötung bis zum Momente ihrer Konsumierung in gefrorenem Zustande erhalten bleiben. In Anbetracht der aufserordentlichen Fortschritte, welche gerade die Konservierungstechnik durch Kälte in dem letzten Jahrzehnt genommen hat, kann die hier in Be-

tracht kommende technische Frage keine schwere und kostspielige sein. Gefrierräume auf den Fangschiffen gröſserer Seefischereien, sowie mit geeigneten Kühlanlagen versehene Transportschiffe oder Eisenbahnwagen würden es ermöglichen, gröſsere Städte in ausreichendem Maſse mit frischer, unveränderter Ware zu versehen. Das fernere Erhalten des gefrorenen Zustandes der Fische würde in den Städten kaum noch auf Schwierigkeiten stoſsen, da die überall vorhandenen Kühlanlagen der Schlachthöfe die Herstellung eines entsprechend niedrig temperierten Raumes zur ferneren Aufbewahrung dieser Fische ohne besondere Schwierigkeiten ermöglichen würden. Die Einrichtung solcher Gefrierkammern neben den Kühlanlagen der Schlachthöfe würde auch gleichzeitig an gewissen Orten die Rentabilität der intensiv betriebenen Teichwirtschaften und des Massenfanges von Süſswasserfischen (z. B. Felchenfang am Bodensee) erhöhen, indem es hierdurch ermöglicht würde, die in kurzer Zeit erhaltenen groſsen Fischmengen unabhängig von dem sofortigen Absatz auch auf längere Zeit ohne eine Beeinträchtigung ihrer Genuſswertigkeit aufbewahren und erhalten zu können.

Jedenfalls geht aus diesen Ausführungen hervor, daſs die wissenschaftlichen Erfahrungen über das Wesen der schnellen Zersetzungsprozesse der Fische technisch sehr wohl verwertet werden können.

In volkswirtschaftlicher Beziehung könnte auf diese Weise der Markt gröſserer Städte ständig mit einem Materiale versehen werden, das bezüglich seines Nährwertes dem Säugetierfleische kaum nachsteht, und das bei extensivem und rationellem Betriebe infolge seiner Billigkeit dazu angetan wäre, den breitesten Volksklassen zugute zu kommen.

Es ist mir ein Bedürfnis, Herrn Prof. Forster auch an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, sein stets reges Interesse an den Versuchen sowie für die zahlreichen mir erteilten Anregungen und Ratschlägen meinen besten Dank auszudrücken.

Literatur.

1) J. Forster, Über einige Eigenschaften leuchtender Bakterien. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. II, S. 37.
2) J. Forster, Über die Entwicklung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XII, S. 431.
3) B. Fischer, Bakterienwachstum bei 0°, sowie über das Photographieren von Kulturen leuchtender Bakterien in ihrem eigenen Lichte. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. IV, S. 89.
4) H. Havemann, Über das Wachstum von Mikroorganismen bei Eisschranktemperatur. Inaug.-Diss. Rostock 1894.
5) Glage, Über Aromabakterien. Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene, Bd. XI, S. 131.
6) S. Schmidt-Nielsen, Über das Vorkommen psychrophiler Bakterien. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 1902, Bd. IX, S. 145.
7) L. Schmelk, Eine Gletscherbakterie. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. IV, S. 545.
8) H. Conradi und H. Vogt, Ein Beitrag zur Ätiologie der Weil'schen Krankheit. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XXX, S. 287.
9) B. Fischer, Deutsche medizinische Wochenschrift 1893, Nr. 25.
10) W. Brehme, Über die Widerstandsfähigkeit der Choleravibrionen und Typhusbacillen gegen niedere Temperaturen. Archiv für Hygiene, Bd. 40, S. 320.
11) A. Dieudonné, Beiträge zur Kenntnis der Anpassungsfähigkeit der Bakterien an ursprünglich ungünstige Temperaturverhältnisse. Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. IX, S. 492.
12) R. Weil, Zur Biologie der Milzbrandbacillen: Die Sporenauskeimung. Archiv für Hygiene, Bd. XXXIX, S. 207.
13) Naegeli und Schwendener, Das Mikroskop, 2. Aufl., 1877, S. 640.
14) H. Buchner, K. Longard und G. Riedlin, Über die Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. II, S. 1.

15) M. Müller, Über den Einflufs von Fiebertemperatur auf die Wachstumsgeschwindigkeit und die Virulenz des Typhusbacillus. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XX, S. 245.

16) F. H. Hehewerth, Die mikroskopische Zählungsmethode der Bakterien von Alex. Klein und einige Anwendungen derselben. Archiv für Hygiene, Bd. XXXIX, S. 321.

17) F. Basenau, Über die Ausscheidung von Bakterien durch die tätige Milchdrüse und über die sogenannten bakteriziden Eigenschaften der Milch. Archiv für Hygiene, Bd. XXXIII, S. 44.

18) M. Müller, cf. oben.

19) A. Klein, Eine einfache Methode der Sporenfärbung. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XXV, S. 376.

Derselbe, Eine neue mikroskopische Zählungsmethode der Bakterien. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XXVII, S. 834.

Derselbe, Die physiologische Bakteriologie des Darmkanales. Archiv für Hygiene, Bd. XLV, S. 117.

F. H. Hehewerth. cf. oben.

20) G. W. Boland, Een nieuwe methode ter bepaling van den Generatieduur der Bacteriën en eenige van hare toepassingen. Inaug. Dissert. Amsterdam 1902.

21) M. Müller, cf. oben.

22) F. H. Hehewerth, cf. oben.

23) A. Fischer, Die Empfindlichkeit der Bakterienzelle und das bakterizide Serum. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. XXXV, S. 1.

24) Pictet und Joung, De l'action du froid sur les microbes. Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1884, Nr. 12.

25) Macfadyen, On the influence of the temperature of liquid air on Bacteria. The Lancet 1900, pag. 849 and 1130.

26) Prudden, F. Mitchell. On bacteria in ice and their relations to disease with special reference on the ice supply of New-York City. The Medical Record, Vol. XXXI, 1887, March. 26 u. April 2.

27) W. Brehme, cf. oben.

28) Hoppe-Seyler, Über Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer und niederer Tiere. Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. XIV, S. 395.

29) Krukenberg, Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Untersuchungen aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg, Bd. II, S. 395 ff.

30) E. Luchau, Über die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaug.-Diss. Königsberg 1878.

31) Fick und Murisier, Über das Magenferment kaltblütiger Tiere. Verhandlungen der Würzburger physiol. medizin. Gesellschaft. N. F. II, S. 122 (1872).

32) M. Flaum, Über den Einfluſs niedriger Temperaturen auf die Funktionen des Magens. Zeitschrift für Biologie, XVIII. Band; Neue Folge, Bd. X, S. 433.
33) Krukenberg, cf. oben.
34) E. Luchau, cf. oben.
35) Krukenberg, cf. oben.
36) E. Fuld, Über die Milchgerinnung durch Lab. Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie, Bd. II, S. 169.
37) Morgenroth, Archives internationales de Pharmacodynamie, Vol. VII, pag. 265.
38) V. Presuhn, Zur Frage der bakteriologischen Fleischbeschau. Inaug. Diss. Straſsburg 1898.
39) J. Forster, Ernährung und Nahrungsmittel. Pettenkoffer und Ziemſsen: Handbuch der Hygiene, Bd. I, S. 167.
40) Nencki und Sieber, Journ. für prakt. Chemie, 26. Bd., 1. Heft, 1882.
41) E. Salkowsky, Über Autodigestion der Organe. Zeitschrift für klinische Medizin. Supplement zu Bd. 17, S. 77.
42) M. Jacoby, Über die fermentative Eiweiſsabspaltung und Ammoniakbildung in der Leber. Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. XXX, S. 149.
43) R. Vogel, Untersuchungen über Muskelsaft. Deutsches Archiv für klinische Medizin, LXXII, S. 91.
44) Glage, cf. oben.
45) J. Forster, Über die Entwicklung von Bakterien bei niederen Temperaturen. Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde, Bd. XII, S. 431.

Die Bestimmung des Filtrationseffektes der Grundwässer.[1])

Von

Prof. Dr. **Gustav Kabrhel.**

Es kommen mitunter Fälle vor, in denen der Hygieniker sich über die Qualität des Grundwassers eines bestimmten Terrains zu einer Zeit aussprechen mufs, in welcher die zur Bestimmung der Quantität, als auch zur Beschaffung der für das Detailprojekt nötigen Grundlagen dienenden hydrologischen Arbeiten erst im Zuge sind.

Eine derartige Aufgabe erscheint am einfachsten in dem Falle, in welchem die Bestimmung der Ergiebigkeit des Wassergebietes in der Weise geschieht, dafs, nachdem die Fassung des Grundwassers durchgeführt ist, das Wasser mit Hilfe einer Zentrifugalpumpe ununterbrochen abgepumpt wird, bis sich der Beharrungszustand[2]) mit Sicherheit eingestellt hat, was gewöhnlich viele Wochen, eventuell auch Monate in Anspruch nimmt.

Bei dieser Art der Ausführung der hydrologischen Arbeiten, die freilich nur bei Wassergebieten von geringerer Ausdehnung benutzt wird, kann die Lösung der Qualitätsfrage ziemlich gut an die Prüfung der Ergiebigkeit angegliedert werden, wenn der lokale Charakter den Fall nicht zu kompliziert gestaltet.

---

1) Der Böhm. Kaiser-Franz-Josephs-Akademie vorgelegt am 7. März 1903.

2) Unter Beharrungszustand ist jene Erscheinung zu verstehen, bei welcher die im Niveau des Grundwassers hervorgerufene Depression konstant wird, d. h. in dem Gebiete der Depression ebensoviel Wasser zufliefst, als abgepumpt wird.

Die Bestimmung des Filtrationseffektes, dessen Feststellung das für die Beurteilung des Wassers wichtigste Moment bildet, kann unter solchen Umständen auf Grund der von mir[1]) ausgesprochenen und experimentell begründeten Beziehung ausgeführt werden, die sich folgendermafsen darstellt:

Bezeichnet man die Mikrobenmenge eines einem Brunnen entnommenen Wassers, in welchen Wasser aus keimfreien wasserführenden Schichten gelangt, mit y, den Zuflufs des Wassers aus den wasserführenden Schichten mit x und die Vermehrungsfähigkeit der an die Verhältnisse des Brunnenwassers akkommodierten Mikroben mit z, so ist

$$y = f(x, z)$$

Eine charakteristische Eigenschaft dieser Funktion bildet, wie ich auf Grund zahlreicher experimenteller Untersuchungen in meiner obenerwähnten Abhandlung[1]) nachgewiesen habe, dafs bei wachsendem x d. h. bei vermehrter Wasserentnahme das y sich 0 nähert, während dasselbe bei Verminderung des Wertes x, d. h. bei Verminderung der Wasserentnahme anwächst.

Wird also die Wasserentnahme derart eingerichtet, dafs sie den Bedingungen entspricht, unter welchen $f(x, z)$ sich 0 nähert, so kann man, wenn die bakteriologische Untersuchung eine der Sterilität nahe Mikrobenzahl ergibt, mit Sicherheit den Schlufs ziehen, dafs die wasserführenden Schichten steril, d. h. der Filtrationseffekt ein vollkommener ist. Ergibt jedoch die bakteriologische Untersuchung unter den oben erwähnten Verhältnissen das Resultat, dafs die Mikrobenmenge des entnommenen Wassers der Sterilität nahe Grenzen übersteigt, so sind wir zu dem Schlusse berechtigt, dafs der Filtrationseffekt kein vollkommener sei und zwar um so weniger, je gröfser die vorgefundene Mikrobenzahl ist.[2])

Es mufs nunmehr präzisiert werden, inwiefern und wann bei dem quantitativen Versuche die Bedingungen erreicht werden können, unter welchen $f(x, z)$ sich 0 nähern würde.

---

1) Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung. München, R. Oldenbourg, S. 89.

2) Ein charakteristisches Beispiel, a. a. O., S. 200.

Da die Bedingung des raschen und ununterbrochenen Wasserwechsels erfüllt ist, so bleibt nur zu berücksichtigen, damit die Probe in einem Zeitpunkte des quantitativen Versuches entnommen werde, in welchem es sich um die Gegenwart von an die Verhältnisse der Sammelvorrichtung akkommodierten Arten von Wassermikroben handelt. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn die Wasserproben zur bakteriologischen Untersuchung, bereits nach längerer Dauer des quantitativen Versuches entnommen werden, d. h. am besten gegen das Ende desselben, nachdem die Wasserentnahme bereits mehrere Wochen gedauert hat.

Die bakteriologische Untersuchung von Wasserproben, die zur Zeit des Aufanges des quantitativen Versuches entnommen worden sind, besitzt keinen Wert für die Lösung der Frage nach dem Filtrationseffekte. Im Gegenteil könnte dieselbe im Falle von Mangel an genügenden Erfahrungen zu gänzlich unrichtigen Schlüssen führen.[1])

Im allgemeinen ist hervorzuheben, dafs die Zeit gegen Ende des quantitativen Versuches auch aus dem wichtigen Grunde zu wählen ist, um zur bakteriologischen Untersuchung eine Probe herbeizuschaffen, in welcher die Ergiebigkeit des Wassergebietes, dessen Wasser benutzt werden soll, in ihrem ganzen Umfange in Funktion getreten ist.

Die in einem derartigen Zeitpunkte entnommene Wasserprobe ist einzig geeignet, um uns von dem auf das ganze Wassergebiet bezüglichen Filtrationseffekt in Kenntnis zu setzen.

Denn die Qualität des Wassers kann bedeutenden Schwankungen unterliegen, je nachdem, wie grofs der durch die hervorgerufene Depression in Tätigkeit einbezogene Teil des Wassergebietes ist.

Würde jedoch die auf Grund der in dem betreffenden Wassergebiet herrschenden lokalen Beziehungen aufgebaute Erwägung zu dem Schlusse führen, dafs sich die Qualität des Wassers, je nach den Verhältnissen der sich ausbreitenden Depression, wesent-

1) Siehe a. a. O., S. 88.

lich ändern könnte, so müfste freilich die Probeentnahme gewissen und zwar solchen Phasen der Depression angegliedert werden, während welcher jene besonderen lokalen Beziehungen zum Ausdrucke gelangen würden.

Handelt es sich aber um ein ausgedehntes Wassergebiet, so ist die Anschaffung solcher Wasserproben, die eine richtige Grundlage für die Feststellung des Filtrationseffektes auf Grund der bakteriologischen Untersuchung bilden würden, mit grofsen Schwierigkeiten verbunden.

Dieselben entspringen dem Umstande, dafs eine einfache Angliederung der bakteriologischen Untersuchung an eine bestimmte Phase des quantitativen Versuches, wie wir dies bei weniger ausgedehnten Wassergebieten gesehen haben, nicht möglich ist.

Um dies klarzulegen, sei das Nachfolgende angeführt:

Bei grofsen Wassergebieten kann die Ergiebigkeit auf zweierlei Art und Weise festgestellt werden:

Die präzisere derselben, von Ingenieur Thiem ausgebaut, besteht darin, dafs das Durchflufsprofil in ein System von kleineren Abteilungen (welche etwa 600—700 m lang sind) zerteilt wird, in deren jeder durch Bohrungen die Bodenschichten bis zu der für das Wasser undurchlässigen Sohle eruiert, der Stand des Grundwassers festgestellt, der Abfall desselben gemessen, die Durchlässigkeit erforscht werden.

Die Feststellung der Durchlässigkeit geschieht mit Hilfe eines derartig arrangierten Schöpfversuches, dafs bei gleichmäfsiger Wasserentnahme mittels der Handpumpe in bestimmten Intervallen ($^1/_4$ Stunde) sowohl das Wasserquantum gemessen, als auch die durch die Entnahme hervorgerufene Depression (unter Anwendung von zwei in der Richtung des Grundwassers und in bestimmten Entfernungen von der Öffnung, in welcher die Pumpe steht, befindlichen Bohrlöchern) eruiert wird.

Die durch derartige Messungen erhaltenen Werte werden zur Berechnung der Durchlässigkeit benutzt.

Bei derart gestalteten hydrologischen Arbeiten erschiene es am geeignetsten, wenn die zur bakteriologischen Untersuchung

bestimmten Proben zu der Zeit der Wasserentnahme würden entnommen werden, in welcher die Durchlässigkeit festgestellt wird.

Trotzdem würde unter diesen Verhältnissen, auch wenn die wasserführenden Schichten steril wären, das durch die Pumpe abgeschöpfte Wasser eine ungeheure Anzahl von Mikroben enthalten.

Wollte man aber unter solchen Versuchsbedingungen auf Grund der hohen Keimzahl auf Nichtsterilität, d. h. schlechten Filtrationseffekt des die wasserführenden Schichten durchfliefsenden Wassers schliefsen, so würde dieser Schlufs unberechtigt sein.

Denn unter den angeführten Verhältnissen sind die Bedingungen, unter welchen — sterile wasserführende Schichten vorausgesetzt — $f(x, z)$ bei ununterbrochenem intensiven Wasserwechsel sich 0 nähert, noch nicht erfüllt.

Und zwar sind dieselben aus dem Grunde nicht erfüllt, weil durch die dem Einsetzen der Pumpe vorausgegangene Bohrung sich Bestandteile der oberen aufserordentlich mikrobenreichen Bodenschichten den wasserführenden Schichten beigemengt haben, während die Formel $f(x, z)$ sich auf die an das betreffende Brunnenwasser akkommodierten Mikroben bezieht.

Sollte der letzterwähnte Stand erreicht werden, so wäre eine langandauernde ununterbrochene Wasserentnahme notwendig, die jedoch bei dem zur Feststellung der Durchlässigkeit dienenden Versuche fehlt, da derselbe nur einige Stunden währt.

Wenn also der Filtrationseffekt des Grundwassers eines bestimmten Terrains mit Hilfe einer Wasserprobe festgestellt werden sollte, so könnte dies nur höchstens in der Weise bewerkstelligt werden, dafs man die von Fraenkel bei dessen auf die Gegenwart von Mikroben im Grundwasser bezüglichen Fundamentalversuchen benutzte Methode anwenden würde, d. h. mit Hilfe eines in den Boden eingetriebenen Röhren- (Norton-) Brunnens, der durch strömenden Dampf oder durch chemische Desinfektion sterilisiert wurde.

In ähnlicher Weise kann bewiesen werden, daſs auch bei der zweiten Methode der Ergiebigkeitsfeststellung, die bei groſsen Wassergebieten benutzt wird, die Bestimmung des Filtrationseffektes nicht durch bloſse Angliederung an den quantitativen Versuch ausgeführt werden kann.

Bei dieser Methode wird nämlich die Quantitätsfrage in der Weise zur Lösung gebracht, daſs in einem Teile des Durchfluſsprofils die Sammeleinrichtung errichtet und aus derselben mit Hilfe einer Zentrifugalpumpe das Wasser durch eine durch den Verlauf des Versuches zu bestimmende Zeit entnommen wird (gewöhnlich dauert ein solcher Versuch mehrere Wochen).

Gleichzeitig wird durch auf geeignete Weise in dem Versuchsterrain angebrachte Bohrlöcher das Fortschreiten der im Niveau der Grundwässer hervorgerufenen Depression festgestellt und die Menge des entnommenen Wassers gemessen.

Mit Hinblick auf den erreichten Beharrungszustand, während dessen die durch die Wasserentnahme hervorgerufene Depression stabil erscheint, d. h. die Pumpe ebensoviel Wasser entnimmt als der wirkliche Zufluſs des Grundwassers beträgt, wird endlich das Quantum festgestellt, welches der betreffende Teil des Durchfluſsprofils dauernd ergibt.

Durch Berechnung der Fläche des Durchfluſsprofils und des Abfalls kann aus der Wassermenge der Wert abgeleitet werden, welchem die Ergiebigkeit pro 1 qm Fläche des Durchfluſsprofils bei einem Gefälle von 1 : 1000 gleichkommt.

Ist das Durchfluſsprofil in den übrigen Teilen des Wassergebietes bezüglich der Durchlässigkeit dem Durchfluſsprofile jenes Teiles desselben in welchem die Ergiebigkeit mit Hilfe des quantitativen Versuches festgestellt worden ist, gleichwertig, so kann nach Eruierung des Durchfluſsprofils und des Gefälles der Grundwässer (wozu man sich der Messung und Nivellierung des Niveaus in zu diesem Zwecke angelegten Bohrlöchern bedient) durch einfache Multiplikation mit dem Werte der auf 1 qm der Durchfluſsfläche (bei dem Gefälle 1 : 1000) zufallenden Ergiebigkeit die das ganze Profil durchflieſsende Wassermenge berechnen.

Aus diesen Darlegungen erhellt, dafs die Angliederung der Feststellung des Filtrationseffektes an die hydrologischen Arbeiten nur insofern möglich wäre, inwieweit sich dieselbe nur auf jenen Teil des Wassergebietes und Profils beziehen würde, auf welche sich auch der quantitative Versuch bezogen hat, vorausgesetzt, dafs die oben gestellten Bedingungen erfüllt worden sind.

In den übrigen Teilen des Wassergebietes begegnet die Angliederung der Feststellung des Filtrationseffektes an die hydrologischen Arbeiten wiederum gewichtigen Hindernissen.

Denn die Aufstellung einer einfachen Pumpe in den Bohrlöchern und die Beschaffung der Wasserproben durch dieselbe kann aus den oben dargelegten Gründen nicht zum Ziele führen.

Die einfache Übertragung aber der Gültigkeit des Filtrationseffektes, welcher durch die Untersuchung des bei dem quantitativen Versuche entnommenen Wassers festgestellt wurde, auf die übrigen Teile des Wassergebietes ist a priori unzulässig, da die Momente, von welchen der Filtrationseffekt abhängt, selbst in geologisch vollkommen gleichwertigen Terrains bedeutenden Schwankungen unterliegen können.

Würde aber die Gültigkeit des festgestellten Filtrationseffektes für die übrigbleibenden Teile des Wassergebietes zweifelhaft erscheinen, so bliebe wiederum nichts anderes übrig — falls man sichere, durch analytische Tatsachen gestützte Schlüsse erstrebt, — als zu der von C. Fraenkel[1]) bei seinen die Gegenwart von Mikroben in den Grundwässern betreffenden Fundamentalversuchen benutzten Methode Zuflucht zu nehmen, d. h. zur Entnahme der Wasserproben einen in den Boden eingetriebenen, mit strömendem Dampf oder durch chemische Desinfektion sterilisierten Röhren- (Norton-) Brunnen zu benutzen, wobei dann der Einflufs der in den obersten Bodenschichten enthaltenen Mikroben ausgeschlossen ist.

Es ist augenscheinlich, dafs diese zu anderen Zwecken als zur Untersuchung von Trinkwässern in der Praxis inaugurierte Methode, obwohl prinzipiell absolut präzis, nicht die Eigenschaften einer leichten, für die praktischen Verhältnisse der Wasserunter-

1) Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VI.

suchung geeigneten Methode besitzt; man braucht nur, ungeachtet der Unkosten, ihre Kompliziertheit, die Schwerfälligkeit ihrer Hilfsmittel ins Auge zu fassen, sowie den Umstand, dafs die Schwierigkeiten ihrer Benützung um so mehr anwachsen würden, je gröfser das Wassergebiet und je heteregener dasselbe in seinen Teilen wäre, so dafs sich die Notwendigkeit ergäbe, den Filtrationseffekt an vielen Stellen zu prüfen.

Bei diesem Stande der Dinge fühlte ich mich veranlafst, eine Methode der Untersuchung des Filtrationseffektes zu konstruieren, welche bei ihrer Durchführung nicht nur eine Angliederung an die hydrologischen Arbeiten respektive an die Feststellung der Quantität nicht voraussetzt und erfordert, sondern aufserdem noch den Vorteil bietet, dafs sie — wie noch des Näheren dargelegt werden wird — eine leichte Lösung vieler heikler hygienischer Beziehungen, an welch immer Stelle des Wassergebietes, dessen Filtrationseffekt festgestellt werden soll, gestattet.

Diese Methode beruht auf einem Prinzip, das von demjenigen, welches bis jetzt die Grundlage der Untersuchung des Filtrationseffektes gebildet hat, abweicht.

Bei den bis jetzt gebrauchten Methoden der Untersuchung des Filtrationseffektes wird der bakteriologischen Untersuchung das Filtrat = das Wasser, unterworfen.

Bei meiner Methode dagegen wird der Filtrationseffekt durch Untersuchung des Bodenfilters selbst festgestellt, zu welcher aus verschiedenen Tiefen — von der Oberfläche angefangen bis unter das Niveau des Grundwassers — entnommene Bodenproben die Grundlage bilden.

Diese Untersuchungsmethode habe ich bereits in meinem Buche »Theorie und Praxis der Trinkwasserbeurteilung« S. 158 und zwar für gewisse spezielle, besondere Schwierigkeiten bietende Fälle entworfen.

Doch eignet sich der in der angeführten Monographie beschriebene Untersuchungsmodus, wie ich mich auf Grund zahlreicher praktischer Erfahrungen überzeugt habe, blofs für ein l e h m i g e s T e r r a i n.

Dieser Mangel brachte mich zu Änderungen in der Art der methodischen Lösungsweise; doch erreichte ich mit denselben zugleich eine grofse Vereinfachung des ganzen Untersuchungsverfahrens bei gleichzeitiger absoluter Präzision der zu der bakteriologischen Untersuchung dienenden Proben.

Die Methode stellt sich in der von mir jetzt verwendeten Fassung folgendermafsen dar:

Auf einer vorher dazu ausersehenen Stelle des Wassergebietes wird eine Grube von etwa 1,7 × 1,3 m Flächen-Dimension gegraben. Das abgegrabene Erdreich wird sofort zur Seite geworfen. In die Tiefe wird soweit vorgegangen, bis die Grubensohle von dem Niveau des Grundwassers nur mehr durch eine dünne, etwa 10 cm dicke Bodenschichte getrennt ist.

Um mit der Grubensohle nicht zu tief zu gehen, ist es zum Teil notwendig, den Grundwasserstand (wenigstens annähernd) zu kennen, zum Teil aber bei der Vertiefung die Bodenfeuchtigkeit zu beobachten.

Von dem Grundwasserstande kann man sich aus dem Material der hydrologischen Untersuchung unterrichten, zu deren einer Hauptaufgabe eben, wie schon oben erwähnt wurde, die Feststellung des Grundwasserniveaus gehört.

Eventuell kann der Grundwasserspiegel durch Anbohren mit einem etwa 2 cm dicken Bodenschraubenbohrer konstatiert werden. Das Bohren mit demselben erheischt keine grofse Kraft und ist in Kürze abgefertigt. Derjenige Teil des Bohrers, welcher in das Grundwasser eingedrungen ist, erscheint stark feucht. Durch Substraktion der Länge des feuchten Teiles von der Länge, in welche der Bohrer eingetrieben wurde, erhält man ungefähr die Entfernung des Grundwasserniveaus von der Oberfläche. Der erhaltene Wert ist blofs annähernd, weil die Oberfläche des Bohrers auch in einem Teile der Zone des kapillaren Standes des Grundwassers angefeuchtet wird.

Doch gibt auch die Beobachtung der Bodenfeuchtigkeit genug Fingerzeige, um rechtzeitig mit dem Vertiefen der Grube aufzuhören. Ober dem Grundwasserniveau befindet sich nämlich die Zone des sogen. kapillaren Standes, die besonders in ihrem

unteren Teile mehr Wasser enthält als die ober derselben gelegenen Bodenschichten.

Besteht diese Zone aus sandigem Material, so lassen zwischen den Fingern zerdrückte Proben desselben auf ihnen merkliche Spuren einer inselartigen Befeuchtung zurück.

Es weist also der erhöhte Grad der Bodenfeuchtigkeit auf die Nähe des Grundwasserspiegels hin.

Zur Zeit, da man sich der notwendigen Tiefe schon nähert, wird die Austiefung nur an einem Ende der Grube vorgenommen und zwar blofs mit einer Schaufel, mit welcher dünne Schichten vom Boden abgehoben und sofort an die Oberfläche der Grube befördert werden, wodurch eine Verunreinigung durch das Material oberer Schichten oder von seiten des Arbeiters ausgeschlossen wird.

Regelmäfsig kommt man mit Gruben aus, deren Tiefe 3 m nicht übersteigt. Denn auch zur Fassung des Grundwassers werden solche Stellen des Durchflufsprofils gewählt, an welchen die Bodenschichten, welche den Grundwasserspiegel bedecken, dünner sind, ob man schon zu diesem Zwecke Sammelgalerien oder Röhrenbrunnen benutzt.

Ist die Grube bis zu der erwähnten Tiefe gegraben, wird zur Entnahme von Bodenproben aus dem Bereiche des Grundwassers geschritten.

Dazu benötigt es eines sterilisierten Erdbohrers von Fraenkel, sterilisierter Eisenstifte von 15—20 cm Länge, 3—4 mm Durchmesser, deren eines Ende zugespitzt, das andere aber flachgehämmert ist, weiterhin sterilisierter Watte.

Der Bohrer wird nachfolgend sterilisiert. Vor allem wird er von den ihm anhaftenden Bodenbestandteilen gereinigt, wozu sich am besten Alkohol eignet. Darauf wird zur Erzielung vollständiger Sterilität sein unteres Ende in einen mit chemisch reinem Benzol gefüllten Glaszylinder getaucht. Das Benzol mufs einige Zentimeter über die Stelle hinaus reichen, an welcher der zur Entnahme der Bodenproben dienende Mechanismus anfängt. Um die Verdunstung des Benzols, sowie das Einfallen von Staub in denselben zu verhindern, steckt der Stab des Bohrers in einer

durchlöcherten Kautschukmembran, welche die Öffnung des Glaszylinders vollständig verdeckt.

Benzol wurde aus dem Grunde gewählt, weil dasselbe auf das Eisen nicht chemisch einwirkt, und weil es eine verflüchtigende Verbindung ist, so dafs es nicht nötig ist, dasselbe aus dem Bohrer zu entfernen, was sonst mit Hinblick auf den weiteren Vorgang der diesbezüglichen Untersuchung unumgänglich wäre.

Die Sterilisation durch Hitze, die sich sonst am besten empfehlen würde, ist gegebenenfalls nicht ausführbar, weil durch dieselbe der Stahl des Bohrers in Mitleidenschaft gezogen wäre.

Im Benzol wird der Bohrer bis zu der Zeit belassen, wo er benutzt werden soll. Um den Bohrer in sterilem Zustande an Ort und Stelle zu bringen, an welchem er in Funktion treten soll, mufs derselbe mit einer sterilen Hülle umwickelt werden. Zu diesem Zwecke wählte ich in dreifacher Lage zusammengenähte Leinwandstücke, welche die Form eines Kreises besafsen, dessen Halbmesser der Länge des sterilisierten Teiles des Bohrers entsprach. Vor dem Gebrauche wird die Hülle in ein breites Glasgefäfs gebracht und in Kochs Dampfstopf sterilisiert. Nach vollendeter Sterilisation wird das die Hülle enthaltende Glasgefäfs in einen Trockenluftsterilisator übertragen, woselbst man die Hülle bei einer Temperatur zwischen 60—90° gänzlich austrocknen läfst. Die trockene, mit Hilfe von sterilisierten Pinzetten aus dem Glasgefäfse gehobene Hülle wird um den unteren Teil des Bohrers, der eben erst aus dem Benzol entnommen und dessen Spitze in ein durch Kochen keimfrei gemachtes Korkstück gesteckt wurde, geschlungen. Die mit dem Korkstücke versehene Spitze wird in den Mittelpunkt des Hüllenkreises gelegt, worauf die Ränder über die Stange (den zur Entnahme der Bodenproben dienenden Mechanismus) gezogen und mit Spagat festgebunden werden. Der durch die sterilisierte Leinwand geschützte Teil des Bohrers wird noch in Billrothbatist geschlagen und zugebunden, worauf der ganze Bohrer in Wachsleinwand gehüllt wird.

Der solchermafsen zugerichtete Bohrer kann, ohne Beeinträchtigung seiner Sterilität, in beliebige Entfernungen übertragen oder überführt werden.

Die sterilisierten Eisenstifte werden folgendermafsen zugerichtet. Dieselben werden in Alkohol gereinigt und in zylindrische Eisenbehälter (ähnlich denjenigen, welche zur Sterilisation der zum Abmessen des Wassers bei Untersuchungen auf die Keimzahl gebrauchten Pipetten, verwendet werden) gebracht und im Trockenluftsterilisator sterilisiert.

In dem Behälter können sodann die Stifte im sterilen Zustande in beliebige Entfernungen übertragen oder überführt werden.

Die Entnahme der Bodenprobe aus dem Bereiche des Grundwassers wird auf folgende Weise bewerkstelligt:

Vor allem wird an jener Stelle der Grube, an welcher die Vertiefung mit der Schaufel vorgenommen wurde, und an welcher der Bohrer eingetrieben werden soll, die obere Bodenschichte mit Hilfe eines sterilisierten Eisenstiftes entfernt. Dies geschieht in der Weise, dafs der mit dem einen Ende ein wenig in den Boden eingestofsene Stift — dieses Ende als Stützpunkt benutzt — im Kreise herumgeführt wird. Der aufgelockerte Boden wird zur Seite geschoben. Hierauf wird mit einem zweiten Stifte noch eine dünne Bodenschicht entfernte und dieser Vorgang noch einmal wiederholt.

An dieser derart vorbereiteten Stelle wird der Bohrer eingetrieben, nachdem zuvor seine Hülle entfernt worden ist. Der Bohrer wird bis fast zum Handgriffe in den Boden gestofsen, sodafs seine Spitze etwa 80—90 cm unter den Grundwasserspiegel dringt. Sodann wird durch angemessene Bewegungen die zur Bodenaufnahme bestimmte Kammer des Bohrers geöffnet, mit Boden gefüllt und herausgezogen.

Die an der Oberfläche des Bohrers haften gebliebenen Bodenteile werden mit sterilisierter (gleichfalls in einem Eisenbehälter verwahrten) Watte entfernt, worauf durch einen Schlag auf den Flügel der Bohrer geöffnet wird. Mit dem flachen Ende eines sterilisierten Eisenstiftes werden die vom Wasser durchtränkten Bodenteile entnommen und in eine Eprouvette, deren Hals durch Anbrennen ihres Wattepfropfens soeben sterilisiert worden war, gebracht.

Nachdem die Probe aus dem Bereiche des Grundwassers entnommen worden ist, wird zur Entnahme von Bodenproben aus den ober dem Grundwasser gelegenen Schichten geschritten. Dies wird in der Weise vorgenommen, dafs man die Proben von unten nach oben einer der die Grube umschliefsenden Wände entnimmt. Zuerst nimmt man die Probe an der Grubensohle und schreitet dann stets höher und höher, so dafs die Entnahme aus der oberflächlichen Schichte zum Schlusse übrig bleibt. An der Stelle der Bodenentnahme wird die oberflächliche Bodenschichte mit Hilfe eines sterilisierten Eisenstiftes durch eine Kreisbewegung (ähnlich wie an der Stelle, an welcher der Erdbohrer eingetrieben werden sollte) entfernt; diese Prozedur wird dreimal hintereinander wiederholt, natürlich stets mit einem anderen noch nicht gebrauchten Stifte.

Aus der Mitte des auf diese Weise hergestellten Grübchens wird der Boden in eine sterilisierte Eprouvette, deren Hals durch Anbrennen ihres Wattepfropfens eben sterilisiert worden war, genommen. Wenn der Boden locker ist, so genügt zur Entnahme der Bodenprobe der durch den Hals der Eprouvette auf die Fläche des Grübchens ausgeübte Druck und Bewegung, ist der Boden aber zähe, so mufs man einen sterilisierten Eisenstift zu Hilfe nehmen.

Die mit Hilfe der beschriebenen Methode erhaltenen Bodenproben müssen freilich, ähnlich wie bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung, in kurzer Zeit nach der Entnahme verarbeitet werden.

Die Abmessung des Bodenquantums zum Anlegen von Plattenkulturen vollführe ich unter Benutzung eines 0,05 ccm fassenden Platinlöffels. Derselbe ist aus schwachem Platinblech verfertigt, um nach der Sterilisation mittels der Flamme (eines Spiritusbrenners aufserhalb des Laboratoriums) schnell auszukühlen. Eine bequeme Manipulation mit dem Löffel wird dadurch ermöglicht, dafs man den Griff desselben in eine Sperrpinzette einschliefst, deren Branchen bis fast zur Löffelpfanne reichen. Zum Abmessen des Bodenquantums wird der in der Pinzette eingeklemmte Löffel auf eine Gasplatte gelegt, so dafs die Löffel-

pfanne den Rand der Platte überragt. Mit dem flachen Ende eines sterilisierten Eisenstiftes wird das Probematerial aus der betreffenden Eprouvette, deren Hals wiederum ausgeglüht sein mufs, auf den Löffel gebracht, in denselben gepfercht und abgeglättet, damit dessen Oberfläche mit dem Rande der Löffelpfanne eine Ebene bilde. Um dies zu erzielen, mufs man die Pinzette mit dem eingeklemmten Löffel mit dem kleinen Finger der Hand, in welcher man die das Bodenmaterial enthaltende Eprouvette hält, anhalten und fixieren.

Besteht die Bodenprobe aus scholligen Bestandteilen, so mufs man die Schollen vor dem Füllen und Abmessen mit dem flachen Ende des (sterilisierten) Eisenstiftes zerdrücken (selbstverständlich in der betreffenden Eprouvette).

Wie man weiter verfährt, ist nicht bei allen Bodenproben gleich.

Diejenigen Proben nämlich, die verhältnismäfsig wenig Mikroben enthalten, z. B. also die aus den tieferen Schichten oder aus dem Bereiche des Grundwassers, werden direkt von dem Löffel in eine sterilisierte Petrischale geschüttet und darauf mit Fleischpeptongelatine unter Benutzung der beim Plattengiefsen überhaupt üblichen Kautelen begossen. Mit Hilfe des flachen Endes eines sterilisierten Eisenstiftes wird die Probe in der Schale gut verrieben und in der Gelatine gleichmäfsig ausgebreitet.

Bei Bodenproben dagegen, welche eine grofse Anzahl von Mikroben beherbergen, als z. B. bei solchen aus der Oberfläche nahen Schichten, erwies sich mir ein Untersuchungsmodus als sehr geeignet, den ich als quantitative Verdünnung bezeichnen will.

Diese quantitative Verdünnung unterscheidet sich von der bei der Plattenmethode gewöhnlich geübten Verdünnung dadurch, dafs man mit einem abgemessenen Quantum — 7 ccm — Gelatine in den Eprouvetten arbeitet und die Verdünnung mit sterilisierten Pipetten (anstatt mit Platinnadel oder -Öse) vollführt, mit deren Hilfe man stets aus einer Eprouvette in die andere je 0,5 ccm Gelatine überträgt.

Ein Vorrat von sterilisierten Pipetten (denselben wie sie bei der Wasseruntersuchung gebräuchlich sind) wird ähnlich wie die Eisenstifte in eisernen Behältern gehalten.

Um gute Resultate zu erhalten, ist es notwendig, die in die erste mit aufgelöster Gelatine gefüllte Eprouvette gebrachte Bodenprobe gut zu verreiben und mit der Gelatine gut und gleichmäfsig zu vermischen, wozu man sich wiederum des flachen Endes eines sterilisierten Eisenstiftes[1]) bedient.

Erst nach gründlicher Vermischung des Bodens mit der Gelatine werden 0,5 ccm derselben in die Gelatine der zweiten Eprouvette gebracht. Der in der Pipette übriggebliebene Rest wird in die erste Eprouvette zurückgebracht.

Bei Bodenproben, die eine aufserordentlich grofse Anzahl von Mikroben enthalten, z. B. also bei solchen von der Oberfläche, wird in der gleichen Weise noch eine Verdünnung bewerkstelligt. (Nach gründlicher Durchschüttelung werden aus der zweiten Eprouvette 0,5 ccm entnommen und in die dritte übertragen.)

Die Gelatine der die Bodenproben in der zugehörigen Verdünnung enthaltenden Epprouvetten wird in Petrischalen (unter gleichzeitiger Beobachtung sämtlicher bakteriologischer Kautelen) gegossen.

Die weitere Erforschung sowohl der Mikrobenzahl als auch der Mikrobenarten unterscheidet sich in keiner Weise von der bei der bakteriologischen Wasseruntersuchung üblichen Weise.

Aus den in der angeführten Weise erlangten Resultaten kann eine genaue Anschauung von der Gröfse des Filtrationseffektes des Grundwassers auf der betreffenden Stelle gewonnen werden.

Zur näheren Klarlegung sei das Nachfolgende hervorgehoben:

Der Filtrationseffekt des Grundwassers auf einer bestimmten Stelle ist die Resultante der Einwirkung a) der vertikalen Fil-

---

1) Wie ersichtlich, mufs man eine grofse Anzahl von sterilisierten Eisenstiften vorrätig haben. Am besten hält man sie in zwei Behältern, von welchen die in dem einen enthaltenen zu den Arbeiten bei der Entnahme der Bodenproben, die in dem anderen aber bei dem Anlegen der Kulturen dienen.

tration, b) der Filtration in der Richtung der Bewegung des Grundwassers, die annähernd horizontal ist. Die angeführten Komponenten müssen strenge voneinander unterschieden werden und zwar aus dem Grunde, weil die Wirksamkeit derselben, auch wenn der physikalische Charakter der ober dem Grundwasser liegenden Schichten dem derjenigen, durch welche das Grundwasser fliefst, vollkommen gleichwertig ist, doch sehr bedeutende Unterschiede aufweist. Der Grund davon ist die ungleiche Filtriergeschwindigkeit.

Die Schnelligkeit der vertikalen Filtration beträgt unter den gewöhnlichen Verhältnissen der Regenniederschläge und der Bodenkapazität etwa 0,0032 — 0,0054 pro Tag.[1])

Die horizontale Filtriergeschwindigkeit beträgt dagegen in sandigen oder grieshaltigen Aufschwemmungen bei mittleren Gefällsverhältnissen etwa 0,5 — 5 m pro Tag.

Nachdem der Filtrationseffekt in erster Reihe von der Filtriergeschwindigkeit abhängt, so geht aus dem Angeführten hervor, dafs die Wirksamkeit der vertikalen Filtration diejenige der horizontalen aufserordentlich übertreffen mufs. Infolgedessen besitzt also eine Filtrierschichte von 2—4 m, die ja bei vertikaler Filtration regelmäfsig zum Schutze des Grundwassers vor dem Eindringen pathogener Keime genügt, bei der horizontalen Filtration einen bei weitem geringeren Wert.

Insofern die Wirksamkeit der vertikalen Filtration in dem ganzen Niederschlagsgebiet eine vollkommene wäre (ein Umstand, der jedoch in der Praxis nicht immer vorkommen mufs), insoweit würde freilich die Leistungsfähigkeit der horizontalen Filtration nicht in die Wagschale fallen.

Es ist ja klar, dafs — wenn bereits die den Grundwasserspiegel von der Oberfläche trennenden Schichten genügen würden, das Eindringen von pathogenen Mikroben gänzlich zu verhindern — die horizontale Filtration bereits eben mit Bezug auf die pathogenen Keime keine weitere Besserung nach sich ziehen könnte.

---

1) Hoffmann, Archiv f. Hygiene, Bd. I.

Ist dagegen in dem zu gewinnenden Wassergebiete die vertikale Filtration aus diesen oder jenen Gründen nicht genügend, so wird die Feststellung der horizontalen Filtration an denjenigen Stellen, zu welchen hin sich der Strom der Grundwässer von dem heiklen Punkte des Wassergebietes bewegt, zu einem aufserordentlich wichtigen Momente.

Denn es ist klar, dafs bei Fassung des Wassers an einer Stelle, an welcher die durch die vertikale Filtration bedingten Mängel des Wassers bereits durch die horizontale Filtration gutgemacht worden sind, gegen die Benutzung desselben zu Wasserversorgungszwecken keine Einwendungen gemacht werden könnten.

Aus dem Angeführten ist ersichtlich, dafs die Frage des Filtrationseffektes bei komplizierten Verhältnissen des Wassergebietes nur durch zweckmäfsige, den örtlichen Beziehungen entsprechende Untersuchung der oben erwähnten Komponenten, d. h. der vertikalen und horizontalen Filtration, einer zweckentsprechenden Lösung entgegengeführt werden kann. Dazu benötigt man freilich einer Methode, die, leicht ausführbar, ohne Schwierigkeiten, ohne grofse, schwerfällige maschinelle Hilfsmittel an einer beliebigen Stelle zur Feststellung des Filtrationseffektes der betreffenden Komponenten in Anwendung gebracht werden könnte.

Aus dem oben Angeführten geht gleichzeitig hervor, dafs zur Gewinnung einer genauen und vollkommenen Anschauung von dem Filtrationseffekte bei grofsen Wassergebieten sowohl die vertikale als auch die horizontale Filtration bestimmt werden mufs.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch meine oben beschriebene Methode ermöglicht.

Der vertikale Filtrationseffekt spiegelt sich in den Resultaten der bakteriologischen Untersuchung der von der Oberfläche bis zum Grundwasserniveau entnommenen Bodenproben, der horizontale Filtrationseffekt dagegen in den Resultaten der Untersuchung der Proben aus dem Bereiche des Grundwassers.

Zum Schlusse sei das Resultat einer (am 9. Mai 1902) mit Hilfe der beschriebenen Methode ausgeführten Untersuchung als Beispiel angeführt.

Tiefe, aus welcher die Bodenprobe entnommen wurde, in m		Die in 0,05 ccm Boden enthaltene Mikrobenmenge	Vorherrschende Arten
außerhalb des Grundwassers	im Bereiche des Grundwassers		
Von der Oberfläche	—	60,760	Schimmelpilze, Bac. radicosus, B. punctatus, B. fluorescens liquefaciens, B. terrestris albus [1]).
0,5	—	3,412	Schimmelpilze, B. radicosus, B. bruneus [1]), B. terrestris albus.
1,4	—	9	B. terrestris albus.
—	2,46	3	B. terrestris albus.

1) Als Bac. terrestris albus und Bac. bruneus bezeichne ich zwei sehr charakteristische, bis jetzt noch nicht beschriebene Mikrobenarten, denen ich im Boden sehr häufig begegnet bin. Gelegentlich werden dieselben beschrieben werden.

Über die
Bedeutung von Seifenzusatz zu Desinfektionsmitteln.

Von

Dr. **Otto Heller,**

Chef d. Pasteur-Abteilung i. Inst. z. E. d. Infektionskrankheiten Bern: Prof. Tavel;
ehem. Assistent am hygien. Inst. d. Universität Freiburg i. Br.: Hofrat Prof. Schottelius.

Chemische Körper haben einen desinfizierenden Wert nur wenn sie löslich sind und gelöst zur Anwendung gelangen. Der Desinfektionswert des einzelnen Körpers richtet sich natürlich nicht nur hiernach, sondern die Desinfektionsmittel besitzen jedes für sich eine charakteristische, ihren Wert bestimmende Wirkung, die bei dem einzelnen abhängt:

1. Von dem chemischen Charakter des Mittels, d. h. von der spezifischen Wirkung seiner Moleküle.
2. Von der Konzentration der Lösung, welche ihrerseits bedingt ist durch das Lösungsmittel ev. durch dieses erst die für den Grad der Desinfektion mafsgebende Dissoziation erhält.
3. Von dem Medium, in dem sie wirken sollen. Das Medium besitzt eine physikalische und chemische Bedeutung. Es kann entweder den Zutritt des Mittels zum Desinfektionsobjekt beeinträchtigen, resp. völlig hindern, oder das Mittel erfährt im Medium eine chemische Umsetzung in mehr oder minder unwirksame Stoffe.
4. Von dem Desinfektionsobjekt, d. h. von den Krankheits- oder Fäulniserregern, auf welche das Mittel im einzelnen Fall wirken soll.

5. Von der Temperatur. Hier gilt der Grundsatz, dafs die Einwirkung mit der Temperatur zunimmt, ähnlich chemischen Prozessen, die in der Wärme energischer und schneller ablaufen als bei niederer Temperatur.
6. Von der Dauer der Einwirkung.

In Berücksichtigung dieser Momente sind zahlreiche chemische Körper untersucht, und aus der grofsen Reihe der verschiedenen Mittel sind einzelne für die Anwendung in der Praxis empfohlen worden. Besonders hervorzuheben ist, dafs eine Substanz, ihre Löslichkeit vorausgesetzt, nur dann als Desinfektionsmittel für die Praxis in Frage kommt, wenn sie im stande ist, Kleinlebewesen völlig zu vernichten. Der Wert der im Gebrauch befindlichen Desinfektionsmittel richtet sich aber bekanntlich nicht allein nach der Löslichkeit, der Fähigkeit Mikroorganismen überhaupt abzutöten und nach dem Verhalten bez. oben genannter sechs Punkte, sondern es fanden sich im Laufe der wissenschaftlichen Prüfung weitere Bedingungen, die erfüllt werden mufsten, sollte das Desinfektionsmittel für die Verwendung in der Praxis in Frage kommen. Dies sind vor allem: Der Mangel eines widrigen Geruches, der billige Preis, der Gebrauch ohne Schaden für den Gegenstand, in oder an dem die Desinfektion vor sich geht, z. B. Instrumente, Wäsche, Stoffe, Möbel, Betten und eine volle Wirkung innerhalb einer nicht zu langen Zeit, die je nach der Art der Desinfektion schwanken kann. Aufserdem ist eine chemische Substanz als Desinfektionsmittel für die Praxis nur dann brauchbar, wenn sie ohne besondere Schwierigkeit anzuwenden ist und konstant bleibt, d. h. sich nicht unter irgendwelchen äufseren Einflüssen wie Licht, Luft, Temperatur, Feuchtigkeit etc. verändert und in ihrer Kraft Einbufse leidet. Schliefslich soll die in Betracht kommende Konzentration möglichst wenig Niederschläge bilden, noch soll die Lösung stark gefärbt sein. — Dieses sind die Anforderungen, welche man heute an ein Desinfektionsmittel stellt; es ist zu konstatieren, dafs ein Idealmittel, welches diesen Ansprüchen genügt, noch nicht existiert. Die Bemühungen, eine solche Substanz zu ermitteln, haben manche für die Praxis wertvolle Resultate gezeitigt. Was

man jedoch in einer Richtung gewann, ging häufig in anderer verloren. — Die Anwendung mancher Körper scheiterte an ihrer Giftigkeit; ihre weniger giftigen Verbindungen besafsen geringere Desinfektionskraft. Das führte dazu, dafs man zu der irrigen Ansicht gelangte, dafs Giftigkeit und Desinfektionskraft in gewissem Verhältnisse stehen und die eine von der anderen abhängig sei. Allgemein läfst sich diese Anschauung auch heute vielleicht noch verteidigen, da ja Giftwirkung und Desinfektionswirkung beide denselben Effekt haben: die Schädigung des lebenden Eiweifses. Die Desinfektionswirkung soll aber nur die Schädigung und Abtötung des Protoplasmas im Körper der Mikroorganismen zur Folge haben, also eine gewissermafsen spezifische Wirkung ausüben.

Als Lösungsmittel für Desinfizientien steht an erster Stelle das Wasser. — In gewisse Verlegenheit gerät man, wenn die Löslichkeit in Wasser zu gering ist für die zur Desinfektion nötige Konzentration. — Der wichtigste und am häufigsten angewendete Zusatz zum Wasser, welcher mit letzterem ein brauchbares Lösungsmittel geben sollte, ist die Seife. Sie erreichte eine ausgedehnte Benutzung zu diesem Zweck durch das Bestreben, das giftige Phenol durch die weniger giftigen, aber in Wasser schwer löslichen Kresole zu ersetzen. Die Versuche waren in der Tat von Erfolg gekrönt; seit jener Zeit treten im Handel sehr zahlreich die Kombinationen von Seife, Desinfizientien und Wasser auf, z. B. Lysol, Trikresol, Kresapol, denen sich in den letzten Jahren das Bacillol, Lysoform und der in die deutsche Pharmakopoe aufgenommene Liquor kresoli saponatus anschliefsen.

Diese Ausdehnung des Gebrauchs von Seife in Verbindung mit Kohlenwasserstoffen gibt Anlafs zu der Frage: Macht die Seife jene Stoffe lediglich löslich in Wasser und gestattet sie dadurch eine höhere Konzentration der betr. Substanz in Wasser oder wird die desinfizierende Wirkung durch den Zusatz von Seife noch aus anderen Gründen erhöht? —

Unerläfslich notwendig ist für die Beantwortung dieser Fragen die Kenntnis von dem Einflufs der Seife an sich auf Mikro-

organismen. — In der Literatur findet sich hierüber als erste Mitteilung in der bekannten Arbeit Robert Kochs »Über Desinfektion« (Mitteil. aus dem kaiserl. Gesundheitsamt 1881) im Zusammenhang mit der Prüfung einiger Fettsäuren, z. B. Buttersäure, Oleinsäure bezüglich ihres hemmenden Einflusses auf das Bakterienwachstum folgendes:

»Die Tatsache, dafs Kaliseife bei 1 : 5000 schon eine Behinderung und bei 1 : 1000 vollständige Aufhebung der Entwicklung (der Milzbrandbacillen) bewirkt, während Kali für sich ungefähr achtmal niedrigere Grenzwerte aufweist, ist kaum anders zu erklären, als dafs gewisse Bestandteile der Kaliseife, höchstwahrscheinlich die eine oder andere Fettsäure ein ziemlich bedeutendes Behinderungsvermögen für die Entwicklung der Milzbrandbacillen besitzt.«

Im Reichsmedizinalkalender von 1884 wird in einem Aufsatz von Wernich »Anleitung zum Desinfektionsverfahren« Kaliseife zur Desinfektion empfohlen. (15 g Schmierseife in 10 l Wasser lösen = 0,15%.)

In seiner Dissertation »Beiträge zur Kenntnis der Bakterien im normalen Darmtraktus« (München 1885) konstatiert M. Kuisl, dafs die Kaliseife die Eigenschaft hat, schon bei 0,1% den Milzbrandbacillus in seinem Wachstum zu hemmen. »Allein gerade der Milzbrandbacillus ist sehr empfindlich gegen chemische und physikalische Einflüsse und erscheint deshalb zu Desinfektionsversuchen, aus denen weitergehende Schlüsse abgeleitet werden sollen, sehr wenig geeignet.«

Der Typhusbacillus wächst noch bei 2% Kaliseifengehalt des Nährbodens. 5% behinderte den Kochschen »Kommabacillus« im Wachstum nicht. Im Gegenteil, Kuisl versucht durch den Zusatz von Seife, den Cholerabakterien ähnliche Vibrionen aus dem normalen Darm des Menschen (Kuisls Diagnose nach Vibr. Finkler-Prior) zu isolieren. Bei einem Gehalt von 2% Kaliseife erreicht er ein überwiegendes Wachstum der Vibrionen.

Fleischfäulnis wurde durch Kaliseife in einer Konzentration von 10% nicht verhindert. »Angesichts der angeführten Resul-

tate mufs die antiseptische Eigenschaft der Kaliseife auf das entschiedenste verneint werden.«

v. Eiselsberg (Wiener med. Wochenschrift Nr. 19—21, 1887) prüft den »Keimgehalt von Seifen und Verbandstoffen«; sein Resultat bezw. der Seifen ist folgendes: Mandel-, Glyzerin-, Schmier- und Sublimatseifen sind im allgemeinen frei von Bakterien, die Kernseife ist nicht so keimfrei, eine Tatsache, die er auf die Verwendung von Talg, der bereits in Zersetzung begriffen ist, und ein nicht genügendes Erhitzen bei der Fabrikation zurückführt. Übrigens ist bei seinen Versuchen eine Täuschung durch Entwicklungshemmung nicht ausgeschlossen.

Di Mattei »Sull' azione disinfettante del saponi communi« (Bollettino della R. Acad. med. di Roma Anno XV, 1888/89) prüfte gewöhnliche Seife: Cholerabacillen werden innerhalb einiger Minuten bis 24 Stunden, je nach der Menge der verwendeten Bacillen, abgetötet; Typhusbacillen widerstehen bis zu 4 Tagen, Staphylococcus aureus bis zu 8 Tagen und mehr. Die Versuchsanordnung ist nicht völlig einwandsfrei, da Entwicklungshemmung und Abtötung der als Testobjekte dienenden Mikroorganismen nicht auseinander gehalten werden.

Kaupe konstatiert in seiner Dissertation, die vor allem der Prüfung des Kreolins gilt (»Studien über die Wirkung einiger Desinficientia«, Würzburg 1889), dafs Milzbrandsporen nach einem 24stündigen Aufenthalt in einer 5proz. Lösung gewöhnlicher Schmierseife nicht die geringste Einwirkung zeigten.

Behring kommt in seiner Arbeit »Über Desinfektion, Desinfektionsmittel und Desinfektionsmethoden« (Zeitschrift f. Hyg., Bd. IX, 1890) bei der Prüfung der Alkalien auch zur Untersuchung alkalisch reagierender Seifen. Er verwendet meist 10proz. wässerige Lösungen von ca. 40 verschiedenen Seifensorten, darunter auch die neutralen und überfetteten Seifen. »Überall ist bestätigt worden, dafs es nur von dem Alkaligehalt der Seifen abhängt, welchen desinfizierenden Wert dieselben besitzen.« In Rücksicht darauf mifsbilligt er die Art der medikamentösen Seifen, die für Desinfektionszwecke hergestellt werden,

da sie (Sublimat-, Teer-, Karbolseifen etc.) an Desinfektionswert der gewöhnlichen Seife nicht gleichkommen.

1893 veröffentlicht A. H. Nijland in dem Archiv für Hygiene, Bd. XVIII, eine Arbeit »Über das Abtöten von Cholerabacillen im Wasser.« Er verwendet zu diesem Zweck in erster Linie Seifen und zwar weifse Waschseife (Natronseife), grüne Schmierseife (Kaliseife) und Sapo medicatus (nach der niederländischen Pharmakopoe). Er findet den Seifenverbrauch für ein Wannenbad von 12—24 g schwankend. In Berechnung auf die Menge des Badewassers (150—200 l) entspricht dies einem Gehalt von 0,06—0,16‰ Seife. Um die unterste Grenze, bei welcher verschiedene Seifen die im Wasser enthaltenen Cholerabacillen zu töten im stande sind, zu bestimmen, geht er von einer etwas höheren Konzentration 0,24‰ aus (36 g Seife : 150 l Wasser). Von einer 10proz. Lösung in destilliertem Wasser werden 1,2 ccm zu 500 ccm mit Cholerabacillen versetzten Wassers zugesetzt und nach 1, 5, 10 und 15 Minuten Proben bekannter Gröfse zu Platten verwendet. In entsprechender Weise variiert er seine Versuchsanordnung bezüglich der Konzentration. Das Resultat war: »Eine Seifenmenge, welche gewöhnlich bei einem Bade verbraucht wird, ist nicht im stande, Cholerabakterien in Wasser zu töten; erst eine Menge, die 20—50mal gröfser ist, als dem wechselnden Seifenverbrauche entspricht, würde hierzu genügen. Doch ist deutlich zu erkennen, dafs die Schmierseife und auch Sapo medicatus eine stärkere Wirkung entfalten als die gewöhnliche weifse Natronseife. Bei Sapo medicatus kann als Grenzwert für die Wirkung, die auf im Wasser anwesende Cholerabacillen innerhalb 15 Minuten ausgeübt wird, ein Gehalt von 2,4‰ angenommen werden.« Es verdienen noch die Hauptsätze gegen Ende der Arbeit besondere Erwähnung: »Schon die gewöhnlichen Seifensorten schädigen in relativ geringen Konzentrationen das Leben der Cholerabacillen, wenn diese sich im Wasser befinden.« ... Die Beifügung von desinfizierenden Stoffen zu den Seifen erhöht in einigen Fällen deren Wirkung; in anderen dagegen, dann nämlich, wenn der Zusatz eine Bindung der Seifenbestandteile und des Desinfektionsmittels zur Folge hat,

wird die Wirkung verringert. Es sei hier hervorgehoben, dafs nach Nijland der Zusatz von Karbolsäure oder Salizylsäure zu Sapo medicatus die Wirkung des Sapo medicatus verringert. Durch Umsetzung bildet sich phenylsaures, resp. salizylsaures Natron und freie Fettsäure. Die Menge der Seife wird hierdurch vermindert und die desinfizierende Wirkung der Salizyl- resp. der Karbolsäure wird aufgehoben.

Im gleichen Jahr untersucht, M. Jolles die Desinfektionsfähigkeit von Seifenlösungen gegen Cholerakeime (Zeitschrift f. Hyg. Bd, XV. S. 460 1893). Er prüft Kaliwaschseife, Kali Lysolseife, Glyzerinseife, Leda-Toiletteseife und Rasierseife. Ihre Zusammensetzung war folgende:

	Fettsäuren	Gebund. Alkalien	freies Alkali
Kaliwaschseife	67,44 %	10,40 %	0,041 %
Kalilysolseife	68,44 »	9,64 »	0,065 »
Glyzerinseife	66,86 »	8,13 »	0,004 »
Ledatoiletteseife	66,54 »	7,30 »	0,02 »
Rasierseife	67,50 »	9,15 »	0,025 »

Am Schlufs seiner sechs Untersuchungsreihen kommt er schliefslich zu dem Gesamtergebnis:

Die Lösungen der einzelnen Seifengattungen zeigen unter den gleichen Bedingungen, d. i. der gleichen Temperatur, gleichen Wirkungsdauer und gleicher Konzentration hinsichtlich ihrer Desinfektionsenergie gegen die Cholerabakterien nur unbedeutende Differenzen.

Sie sind als Choleradesinfektionsmittel für alle Fälle, wo Seifenlösungen anwendbar sind, sämtlich fast gleich brauchbar.

Ihr grofser Vorzug vor anderen Desinfektionsmitteln besteht in der Leichtigkeit der Beschaffung, der Anwendungsweise und der völligen Ungefährlichkeit. Auf Grund dieses Gesamtergebnisses geben wir hier nur das Resultat für zwei Sorten im einzelnen wieder.

Kaliwaschseife.

Bei einer konstanten Temperatur von 15° C. werden Cholerabakterien

in	2—3	Minuten	völlig	getötet	durch	8 proz.	Lösung
»	10	»	»	»	»	3 »	»
»	30	»	»	»	»	1 »	»
»	30	»	»	»	»	0,8 »	»
»	60	»	»	»	»	0,6 »	»

Sodann folgen die Resultate für die Untersuchungen bei einer Temperatur von 30° und 40°. Bei 30% sind die zur Abtötung nötigen Konzentrationen etwas stärker, bei 40° etwas schwächer.

Kalilysolseife.

Bei einer konstanten Temperatur von 15° C. werden Cholerabakterien

in	2—3	Minuten	völlig	getötet	durch	8 proz.	Lösung
»	10	»	»	»	»	3 »	»
»	30	»	»	»	»	1 »	»
»	30	»	»	»	»	0,7 »	»

Bei einer Temperatur von 30° und 40° sind die Erfolge annähernd dieselben wie bei der Kaliwaschseife. — Die verschiedenen Desinfektionsresultate bei den Temperaturen von 15°, 30° und 40° veranlassen Jolles, weitere Untersuchungen anzustellen. (Zeitschr. f. Hyg. Bd. 19, 1895). Er verwendete mit Rücksicht auf das Ergebnis seiner ersten Arbeit nur eine Seifenprobe (Fettsäuren 67,44%, gebundene Alkalien 10,40%, freies Alkali 0,041%) gegenüber Typhusbacillen und Bacterium coli. Typhusbacillen werden getötet in einer Zeit von

12 Std.	bei 4—8° C.	durch	eine	1 proz.	Seifenlösung	
15 Min.	» 4—8° C.	»	»	6 »	»	
2 Std.	» 4—8° C.	»	»	3 »	»	
24 Std.	» 18° C.	»	»	1 »	»	
30 Min.	» 18° C.	»	»	6 »	»	
1 Std.	» 18° C.	»	»	5 »	»	
12 Std.	» 18° C.	»	»	3 »	»	

Bei einer Temperatur von 30° sind die Resultate dieselben. Für Bacterium coli sind, entsprechend seiner gröfseren Widerstandskraft, etwas höhere Konzentrationen erforderlich. Die desinfizierenden Eigenschaften der Seifenlösungen sind bei niederer Temperatur stärker als bei höherer. »Den Seifenlösungen wohnt an und für sich eine bedeutende Desinfektionskraft inne, so dafs sie speziell in den Fällen, wo sie am häufigsten in Anwendung genommen werden dürften, nämlich zur Desinfektion von schmutziger und mit Dejekten infektiös Erkrankter verunreinigter Wäsche das geeignetste und natürlichste Reinigungsmittel abgeben. Neben ihrem hohen Reinigungs- und Desinfektionseffekt besitzen sie nämlich keinerlei schädliche Nebenwirkung, welche anderweitige Desinfektionsmittel, sei es durch ihren Geruch, sei es durch ihre zerstörende Einwirkung auf die zu reinigenden Objekte selbst ausüben.«

Reinicke (Bakteriologische Untersuchungen über die Desinfektion der Hände«, Diss. Berlin 1895) beobachtete noch nach 35 tägigem Verweilen von Sporen in einer 5proz. Schmierseifenlösung reichliches Wachstum. 50 Proben aus dieser Seife, die bezüglich ihres Keimgehaltes untersuchtwurden, zeigten sich keimfrei.

Th. Beyer arbeitete »Über Wäschedesinfektion mit 3proz. Schmierseifenlösungen und mit Kalkwasser« (Zeitschr. f. Hyg. Bd. XXII 1896). Er zitiert darin die ersten offiziellen Vorschläge und Empfehlungen zur Anwendung von Seife zur Desinfektion.

»Indes sind Versuche, worauf sich diese Angaben stützen, meines Wissens nicht veröffentlicht.« (Choleraregulativ: Anlage VI, 27. VI. 93. — Anlage I 13. VII. 1893. Lösung von Kaliseife, Schmierseife etc., drei Teile Seife werden in 100 Teilen heifsen Wassers gelöst). Beyer bringt 7 verschiedene Seifensorten zur Untersuchung, bei der er auf Grund des Behringschen Resultates seine Aufmerksamkeit gleichzeitig auf den Gehalt an freiem Alkali richtet. — In 3 Proben ist derselbe = 0, in 2 weiteren eine ganz geringe Spur, einmal ergab sich 0,09363 % und einmal 0,047 %. — Dieser Mangel oder äufserst geringe Gehalt an freiem Alkali bringt Beyer auf die Mutmafsung, dafs die Desinfektion nicht durch den Gehalt an freiem

Alkali veranlafst ist, eine Mutmafsung, die durch Jolles Seifenanalyse und Resultate nur gestützt wird. Zum Vergleich bringt er die Alkaleszenzgrade, die nach Kitasato Cholera und Typhus in ihrer Entwicklung hemmen resp. das Wachstum derselben sistieren, und welche bei der von ihm angewandten Konzentration von 3% bei weitem nicht erreicht werden. Seine Versuche dehnen sich aus auf Cholera, Typhus, Bacterium coli, Staphylococcus pyogenes aureus, Diphthieriebacillen. Das Resultat derselben ist, dafs gewöhnliche grüne Schmierseife bei einer Konzentration von 3% nur dann als Desinfiziens bei mit Cholerakot besudelter Wäsche anwendbar ist, wenn die Wäsche mindestens eine Stunde in der Seifenlösung erwärmt wird und dann 24 Stunden in der Flüssigkeit verbleibt. »Weniger von Belang erscheint die Wahl der Seife bezügl. des freien Alkaligehaltes zu sein.« Ohne Vermischung der Testobjekte mit Kot waren die Erfolge günstiger, auch wurden hierbei mit einer Seifenprobe, die kein freies Alkali enthielt, nach 24 Stunden befriedigende Resultate erzielt.

Sodann folgt im Jahre 1896 eine Arbeit von Rich. Reithoffer »Über die Seifen als Desinfektionsmittel« (Arch. f. Hyg. Bd. XXVII). Die Untersuchungsmethoden, die bisher angewandt wurden, hält er nicht für einwandsfrei. Die Gelatineplattenkulturen gestatten einen zu günstigen Schlufs auf die Desinfektionskraft eines Mittels, da Keime, die durch das Desinfektionsmittel in Gelatine an der Entwicklung gehindert und für abgetötet angesehen werden, in flüssigen Nährböden noch wachsen. Anderseits gestatten die flüssigen Nährböden keine Übersicht über die Zahl der Keime, der Nährboden geht chemische Reaktionen mit dem Desinfektionsmittel, z. B. mit der Seife, ein. Ein Teil der Seife wird durch die Kalk- und Magnesiasalze der Bouillon zersetzt. Er prüft 3 verschiedene Seifen, deren Gehalt an freiem Alkali sich auf Spuren, 0,062% und 0,031% stellt.

Als Testobjekte dienen Choleravibrionen. Eine Begünstigung des Wachstums war nirgends zu konstatieren.

10% Seife (Patent-Kaliseife) tötet Cholera in 1/2 Minute.
1% » » » » 1/2—1 Min.
0,5% » » » » 5 Minuten.

»Es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs man Wäsche, Kleider, Möbel u. s. w. einfach durch Einlegen und Waschen in Seifenlösung, die Hände einfach durch Waschen mit Seife rasch und völlig sicher von Cholerakeimen desinfizieren kann.« Ein Händewaschversuch bestätigt, dafs beim Händewaschen stets Konzentrationen hergestellt werden, die zur fast momentanen Tötung der Choleravibrionen hinreichen müssen. — »Aus den Versuchen (gegen Typhusbacillen) geht hervor, dafs man unter Umständen, wenn andere Desinfektionsmittel nicht zur Hand sind, die Seifen auch zur praktischen Desinfektion gegenüber Typhus heranziehen kann.« Erforderlich ist eine 10proz. Konzentration, um unter den günstigsten Umständen Typhusbacillen binnen 1 Minute zu vernichten. »Leider versagen die Seifen vollständig gegenüber Eiterkokken.« Eine stärkere Wirkung der Mandelseife erklärt sich durch die desinfizierenden Eigenschaften des zur Parfümierung verwendeten Nitrobenzols, das in Wasser fast unlöslich ist, von Seifenlösung aber reichlicher aufgenommen wird. Im Anschlufs an diese Erscheinung kommt Reithoffer auf die Untersuchung einer Kombination von Seife und Desinfektionsmitteln. Seine Resultate sind überraschend und sehr bemerkenswert: Gegen Choleravibrionen und Typhusbazillen war die Lysolseife nicht wirksamer als seine anderen Seifenproben, bei Staphylokokken war der Desinfektionserfolg allerdings besser. Die Lysolseifenlösung erwies sich viel weniger wirksam als eine Lösung von Lysol allein mit gleichem Lysolgehalte. Parallelversuche mit Karbolsäure hatten dasselbe Ergebnis.

2proz.	Karbolsäure	tötet	Staphylokokken	in	$1/2$ Minute.
2 »	» + 3% Kaliseife		»	»	$1^1/_2$—3 Min.
1 »	Karbolsäure	»	»	»	$^1/_4$—$^1/_2$ Std.
1 »	» + 3% Kaliseife		»	»	$^3/_4$—$1^1/_2$ Std.

»Die Wirkung der Karbolsäure wird durch den Seifenzusatz geschwächt, und der Seifenzusatz wirkt, wenn er über ein gewisses Verhältnis hinausgeht, beeinträchtigend auf die Desinfektion . . . Offenbar wird ein Teil der Phenole durch das Alkali der leicht dissoziierbaren Seifen gebunden und dadurch unwirksam

gemacht.« Man muſs also die Hände zuerst mit Seife und dann mit dem Desinfektionsmittel behandeln.« —

Serafini (»Beitrag zum experimentellen Studium der Desinfektionsfähigkeit gewöhnlicher Waschseifen«. Archiv für Hyg. Bd. XXXIII, 1898) versucht, den widersprechenden Resultaten der früheren Untersucher auf den Grund zu kommen, aber nicht mit vollem Erfolg. Trotzdem, sagt er, kann man den gewöhnlichen Seifen eine bedeutende Desinfektionskraft nicht absprechen, nachdem z. B. die 10 proz. Lösung in wenigen Minuten den Choleravibrio tötet, ungefähr ebenso schnell, wie eine gleiche Karbolsäurelösung. Diese Desinfektionsfähigkeit ist »weder den alkalischen Basen im besonderen, noch den Fettsäuren zuzuschreiben, sondern dem Salze, welches sich aus der vollkommenen Zusammensetzung derselben ergibt.« Dem freien Alkaligehalt der Seife wie der wässerigen Seifenlösung ist eine ausschlaggebende Bedeutung nicht beizumessen. »Die Desinfektionsfähigkeit der Seifen kann sich in der Praxis der Wäschedesinfektion wenig wirksam zeigen, sei es wegen der Schwierigkeit, welche die konzentrierten Seifenlösungen beim Durchdringen der Stoffe finden, besonders wenn diese naſs sind, sei es ganz besonders wegen der geringen oder ganz ausgeschlossenen Löslichkeit, welche jene Substanzen, mit denen die Wäsche beschmutzt sein kann, gegenüber genannten Lösungen besitzen.« Bei höherer Temperatur wirken nach Serafini auch die Seifenlösungen stärker desinfizierend, vorausgesetzt, daſs die betr. Seifenlösung von der Beeinflussung der in der Luft, insbesondere im Thermostaten befindlichen Kohlensäure geschützt ist. Die verschiedenen Resultate der früheren Forscher, wie auch die Differenzen bei seinen Versuchen erklären sich durch die Einwirkung des Lösungsmittels, durch die Kohlensäure und die Temperatur, den verschiedenen Wassergehalt und den Zusatz an Fremdstoffen, ferner die Gegenwart von Harzseifen und die von Reithoffer erwähnte ungleiche Widerstandskraft verschiedener Rassen eines und desselben Mikroorganismus. Von dem Zusatz von Desinfektionsmitteln zur Seife erwartet Serafini keinen vorteilhaften Einfluſs. Versuche hat er nicht angestellt.

Foerster (»Versuche über Wäschedesinfektion«, Hyg. Rundschau, Bd. X Nr. 11, 1900) stellt fest, daſs bei der Wäschedesinfektion von den alkalischen Mitteln nur die Schmierseife eine Ausnahme macht, da sie »nicht den geringsten Erfolg geliefert hat.»

Die neueste Arbeit stammt von Konradi (Arch. f. Hyg. Bd. XXXXIV 1902: Über die bakterizide Wirkung der Seifen). Dieselbe ist geeignet, bezüglich der Resultate Foersters, welche in derselben zitiert werden, einen Irrtum hervorzurufen. Konradi sagt: »Foerster untersuchte drei verschiedene Seifen gegen Hühnercholera, Bac. diphtheriae und Staphylococcus pyogenes aureus, findet ihre 10proz. Lösung sehr wirkungsvoll, indem er sagt: »haben schon nach 60 Minuten, mit positiver Sicherheit aber nach 6 Stunden alle pathogenen Keime abgetötet«. — Diese 3 untersuchten Seifen sind aber Kresolseifen; die keinen Zusatz enthaltende Schmierseife hatte den oben erwähnten Erfolg. — Zunächst konstatiert Konradi den entwicklungshemmenden Einfluſs auf verschiedene Krankheitserreger und findet, »daſs die Entwicklung von Mikroben auch bei der Verdünnung der Seife 1 : 100000 vollkommen hintangehalten wurde.« Die Seife war eine Resorcinseife mit einem Gehalt von 5% Resorcin und 2% Glyzerin. Anthraxsporen, die durch 1‰ Sublimat innerhalb einer Stunde getötet werden, werden durch die Resorcinseife in gleicher Verdünnung bei Körpertemperatur in vier Stunden, bei Zimmertemperatur in 24 Stunden abgetötet. Ebenso günstig fielen die Versuche an Organteilen (Milz und Leber von an Milzbrand verendeten Tieren) aus. — Ein Desinfektionsversuch in gleicher Anordnung mit einer wässerigen Lösung von 5% Resorcin und 2% Glyzerin zeigte nicht den geringsten Erfolg. Dagegen lieſs sich konstatieren, daſs die in der Resorcinseife vorhandenen, odorierenden Substanzen (Terpineol, Vanilin, Cumarin, Heliotropin) in »minimaler Menge« (z. B. ein kleiner Tropfen zu 10 ccm Gelatine) eine vollkommene Hintanhaltung der Entwicklung von Anthraxkulturen bewirkten, eine Tatsache, die Reithoffer bez. des Nitrobenzols bereits festgestellt hat und von anderen Autoren, z. B. Heider, geprüft wurde; in neuester Zeit hat H. Marx (Zentralbl. f. Bakteriologie, XXXIII, Nr. 1) Untersuchungen über diese Frage

veröffentlicht. In gleicher Weise wurden andere Seifen von Konradi untersucht. »Diejenigen der Seifen, denen die oben erwähnten odorierenden Substanzen beigesetzt sind, desinfizieren vollkommen.« Mit Fettsäuren — verwendet wurde Kokus- und altes Lebertranöl, Lipanin- und Oleinsäure — fand der Verfasser kaum eine Störung der Entwicklung. Ebenso ergaben Versuche mit der Seifensubstanz in verschiedenen Stationen der Fabrikation das Resultat, »dafs die Seife nur nach Hinzugabe der odorierenden Mittel vollkommen desinfiziert. Der Seifensubstanz selbst kommt keine nennenswerte desinfizierende Wirkung zu. Dagegen hat Seife eine aufserordentlich starke, entwicklungshemmende Wirkung; bei der Verdünnung von 1 : 100000 im Nährboden wurde die Entwicklung der Mikroben vollkommen hintangehalten.«

Nocht (»Über die Verwendung von Karbolseifenlösungen zu Desinfektionszwecken«, Zeitschr. f. Hyg. Bd. VII, 1889) stellte Versuche an, die in Wasser schwerlösliche »100 proz. Karbolsäure« mit Hilfe von Seife zu lösen. Er verwendete 3 und 6 proz. heifse wässerige Seifenlösung. »Je konzentrierter die Seifenlösung genommen wird, desto mehr wird auch Karbolsäure in Lösung gehalten. Dabei ist es gleichgültig, welche Seife angewendet wird. Bei der Desinfektionsprüfung zeigte sich, dafs der Seifengehalt nicht in Frage kommt, dafs aber die Temperatur, bei welcher die Desinfektion stattfindet, von wesentlichem Einflufs ist. Milzbrandsporen wurden durch kalte Lösungen in 6 Tagen nicht vernichtet. Sporenfreie Bakterien, wie Cholera- und Typhusbacillen, werden durch kalte Seifenlösungen von $1^1/_2$% Karbolsäuregehalt in $^1/_2$ Stunde sicher abgetötet.

Ad. Heider (»Über die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel bei erhöhter Temperatur.« Arch. f. Hyg. Bd. XV, 1892) stellte Versuche an mit Kresolschmierseife-Lösungen von verschiedenem Mischverhältnis zwischen Kresol und Seife. Nach seinem Resultat ist die günstige Wirkung an ein bestimmtes Verhältnis zwischen Kresol und Seife geknüpft; in jenen Fällen, wo gleiche Gewichtsteile Kresol und Seife gemischt waren, war der Effekt viel weniger günstig als beim Mischungsverhältnis 2 : 1. Die verdünnte Seifen-

lösung an sich scheint die Wirkung der Phenole zu schwächen. Ein Versuch, welcher mit 5proz. reiner Karbolsäure in 5proz. Seifenwasser gelöst angestellt wurde, ergab auch hier viel geringere Wirkung als bei reiner Karbolsäure von gleicher Konzentration in wäfsriger Lösung. Man könnte die Wirkung des Lysols steigern, wenn man die Menge des Kresols gegenüber der Seife erhöhen würde. Die Löslichkeit würde dadurch nicht beeinträchtigt. Bezüglich der Kresole stellt Heider fest, dafs die Mischung, die mit alkalischer (gewöhnlicher) Seife bereitet war, der mit neutraler Seife bereiteten stark überlegen war. Im Gegensatz hierzu verhalten sich alkalische Karbollösungen schwächer als reine Karbollösungen derselben Konzentration.

Henle (»Über Kreolin und seine wirksamen Bestandteile«, Arch. f. Hyg. Bd. IX 1889) spricht sich dahin aus, »dafs schon der Seifenzusatz allein genügt, die Desinfektionskraft des Kresols und auch die anderer Phenole zu erhöhen.« Versuche, auf welche er sich hierbei stützt, sind nicht angeführt. Ebensowenig ist erwähnt, dafs die Seife das Kresol im Wasser löslich macht und dafs eben auf diese Tatsache in erster Linie die gröfsere Wirkung zurückgeführt wird.« —

Es ist nicht leicht, sich ein Bild zu machen von der Wirksamkeit der Seife nach so verschiedenen Resultaten. Jedenfalls bleibt zu betonen, dafs die desinfizierende Kraft einer Seife, ganz abgesehen von anderweiten Zusätzen, schwankt je nach dem einzelnen Präparat und sich ändert unter all den Einflüssen und Bedingungen, die Serafini anführt. Eine gewöhnliche Seife besitzt jedenfalls einen entwicklungshemmenden, in höherer Konzentration völlig desinfizierenden Einflufs. Der Zusatz von Seife zu Desinfektionsmitteln und umgekehrt wird durchaus verschieden beurteilt.

Zur Feststellung der Desinfektionswirkung, die in den folgenden Versuchen erforderlich ist, verwendeten wir in Rücksicht auf die im hiesigen Institute bereits auf solche Weise erhobenen Resultate die Methode, welche Schottelius im Jahre 1890 benutzte, um die Desinfektionskraft des Kreolins, Lysols und der Karbolsäure vergleichsweise zu eruieren. Der Gang der Untersuchung ist hiernach folgender: Zu 20 ccm sterilen Wassers

werden aus einem Patenttropffläschchen 10 Tropfen einer zweitägigen Bouillonkultur und hierauf 5 ccm der Desinfektionslösung zugesetzt.

Als Testobjekt diente bei sämtlichen folgenden Versuchsreihen derselbe Typhusstamm.

Nachdem umgeschüttelt ist, wartet man 20 Minuten zu und bringt sodann 1 ccm der Mischung zu 9 ccm Nährgelatine in ein Reagenzröhrchen, in ein zweites Röhrchen überträgt man vom ersten abermals 1,0 ccm, vom zweiten 0,5 ccm in ein drittes, vom dritten 0,25 in ein viertes, jedes gefüllt mit soviel Gelatine, dafs es nach dem Zusatz 10 ccm enthält. Nach gehöriger Mischung, die bei jedem Röhrchen vor der weiteren Entnahme der entsprechenden Quantität für das nächste Röhrchen zu geschehen hat, werden vier Platten gegossen, deren Resultate in den Tabellen zu finden sind. Zur Kontrolle werden aufserdem jedesmal vier Platten in ganz gleicher Weise und Verdünnung, doch ohne Desinfizienszusatz hergestellt. In einzelnen Fällen zeigt sich, dafs auf den ersten beiden Platten das Wachstum ausbleibt, auf der dritten und vierten Platte dagegen eine Entwicklung zahlreicher Kolonien eintritt. Die Erklärung dieser Erscheinung ist bekanntlich die, dafs der mit dem einen Kubikzentimeter Bakterien-Desinfiziensmischung übertragene Teil des Desinfiziens wachstumshemmend gewirkt hat. — Um einer Mifsdeutung beim völligen Ausbleiben des Wachstums auf allen vier Platten vorzubeugen und um zu erkennen, ob es sich hier um eine Wachstumshemmung oder um völlige Desinfektion oder Vernichtung sämtlicher Keime handelt, schneidet man mit sterilen Instrumenten ein Stück der Gelatineplatte aus (ca. 4 qcm), bringt dasselbe in Bouillon und hierauf in den Brutschrank. Bleibt die Bouillon klar, d. h. wächst nichts, so war Abtötung eingetreten, also eine vollkommene Desinfektion erzielt. —

Gegen diese Methode ist unter anderem vor allem von Behring der Einwand erhoben worden, dafs man nach Ablauf der Desinfektionsfrist die desinfizierten Bakterienmassen nicht vollständig vom Desinfiziens befreit, sondern mit denselben etwas vom Desinfiziens auf die Nährböden überträgt. Dieser Umstand

ermöglicht es aber, die Grenzen der Entwicklungshemmung und der Desinfektion zu bestimmen. Gelegentlich vergleichender Untersuchungen mehrerer Desinfektionsmittel wurde von mir auf diese Weise die auch anderwärts festgestellte Tatsache ermittelt, dafs dem Lysoform erheblich entwicklungshemmende Eigenschaften zukommen, mehr wie z. B. dem Lysol etc.; während die desinfizierende Wirkung bei weitem nicht an die anderer Mittel spez. des Lysols herankommt. Mit anderen Methoden ist das ohne weiteres nicht möglich. — Die zur Zeit beste Methode zur »einheitlichen Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel« von Th. Paul (Berlin, 1901, Jul. Springer) ist bei den folgenden Versuchen nicht verwendbar. Der Vorschlag von Paul, sich die Lösungen nach äquimolekularen Verhältnissen zu bereiten, ist für Salze, Säuren, überhaupt für Substanzen von chemisch einfacher und einheitlicher Zusammensetzung leicht durchzuführen, stöfst aber bei komplizierteren Verbindungen und Mischungen auf erhebliche Schwierigkeiten. Steht es doch durchaus nicht fest, in welcher Weise sich bezüglich ihrer gegenseitigen Beeinflussung Seife und Desinfizientien zueinander verhalten, und ob sich dieses Verhalten bei Gegenwart dritter Stoffe, wie z. B. Nährböden, ändert. Auf die Mängel der Paulschen Methode, welche vom Autor selbst eingeräumt werden, aber anderen Methoden in höherem Grade anhängen, auf diese einzugehen ist hier nicht der Zweck. Nur kurz erwähnt seien die Umstände, welche die Feststellung des absoluten Desinfektionswertes eines Mittels verhindern. Hierher gehört vor allem der häufige Wechsel des osmotischen Druckes, dem die Testobjekte, wenngleich es sich grofsenteils um Sporen handelt, ausgesetzt werden, das Trocknen derselben über Chlorkalcium, die Unschädlichmachung des Desinfektionsmittels mit anderen chemischen Substanzen, welche bezüglich der Desinfektion sich indifferent verhalten sollen. Solche unschädlichen Mittel zur Bindung von Seife mit Desinfizientien gibt es nicht. Trotz aller dieser nicht leicht zu beseitigenden Nachteile gibt Paul mit seinen Forderungen einen Weg an, auf dem man ohne Zweifel dem absoluten Desinfektionswert eines Mittels am nächsten kommt. — In Rück-

sicht darauf aber, daſs mit den zu prüfenden Präparaten die Vorschriften Pauls nicht eingehalten werden konnten, ohne bei den verschiedenen Kombinationen von Seife und Desinfiziens infolge des Versuchs die desinfizierende Substanz nach der Wirkung zu binden und auszuschalten, gleichfalls unbekannte und ungleichmäſsige Einflüsse zu erhalten, wurde nach dem Vorgehen von Schottelius verfahren.

Wir verwendeten bei unsern Versuchen einen Sapokalinus (Pharm. Germ.), dessen chemische Analyse folgendes feststellte:

Wassergehalt: 44,02 %,
freies Alkali: 0,

Eine Prüfung der Desinfektionswirkung resp. Entwicklungshemmung zeigt die

Tabelle I.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Seifenlösung 10, 20 %.

Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Seifenlösung in Prozenten	Seifengehalt der Mischung		Zahl der Kolonien auf Platte			
			a	b	c	d
	g	%	1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
10 %	0,5	2,0	unzählige	unzählige	unzählige	sehr viele
20 »	1,0	4,0	unzählige	unzählige	viele	ca. 200

Im Gegensatz zu Konradi, bei dessen Versuchen die Seife noch in einem Verhältnis von 1 : 100000 entwicklungshemmend gewirkt hat, fehlt in unseren Versuchen eine Wachstumshemmung bei einem Verhältnis von 1 : 250.

Um zu konstatieren, ob die Seife in Verbindung mit einem Desinfektionsmittel die Wirkung desselben dadurch ermöglicht, daſs sie dasselbe zur Lösung bringt in einer Konzentration, die den praktischen Verhältnissen entspricht und eine völlige Desinfektion zur Folge hat, oder ob der Seife auſser diesem indirekten Einfluſs eine weitere Bedeutung zukommt, ist es erforderlich, ein Mittel zur Prüfung heranzuziehen, das einmal in den obigen Grenzen in Wasser löslich ist, sodann aber auch in Seife löslich und unzersetzt bleibt. Sollte jedoch eine Verände-

rung sowohl an der Seife wie am Desinfiziens durch die Berührung miteinander zu stande kommen, so ist von Bedeutung, festzustellen, ob durch gegenseitige Beeinflussung ein Körper entsteht, welcher eine andere Desinfektionskraft besitzt als das Desinfiziens allein vor der Mischung mit Seife. Der chemische Vorgang spielt nur eine nebensächliche Rolle, die Veränderung der Wirkung ist für die praktische Verwertung die Hauptsache. Von den heute im Gebrauch befindlichen und verbreiteten Seifendesinfektionsmitteln stehen diejenigen, welche Kresole enthalten, im Vordergrund. Ein Körper, der den Kresolen sehr nahe steht, aber in den oben angegebenen Grenzen in Wasser löslich ist, ist das Phenol. Berechnet man nach den Vorschriften des deutschen Arzneibuches für die Gehaltsprüfung der verflüssigten Karbolsäure die Wasserlöslichkeit der kristallisierten Karbolsäure, so ergibt sich in 100 Teilen klarer Lösung ein Gehalt von 0—6,35 % und von 73,9 % aufwärts von Acid. carbolic. cristall.

Es ist also möglich, eine wäſsrige klare Lösung von kristallisierter Karbolsäure herzustellen bis zur Konzentration von 6,35 %. Auf dieser Tatsache fuſsend, wurde die weitere Prüfung so eingerichtet, daſs nach der Methode von Schottelius die Desinfektionskraft verschiedener wäſsriger Lösungen von Acid. carbol. crist. gegen Typhusbacillen festgestellt wurde. Das Resultat war folgendes:

Tabelle II.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Acid. carb. crist. 2, 3, 4, 5, 6 %.

Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält Acid. carb. crist. in		Zahl der Kolonien auf Platte			
			a	b	c	d
			1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
	g	%				
2 %	0,1	0,4	unzählige	unzählige	unzählige	sehr viele
3 »	0,15	0,6	keine	wenige	viele	ca. 200
4 »	0,2	0,8	keine	sehr viele	viele	ca. 100
5 »	0,25	1,0	keine	keine	keine [1])	keine [1])
6 »	0,3	1,2	keine	keine	keine [1])	keine [1])

1) 4 qcm der Platte werden in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht; es entwickelt sich nichts.

Man hat aus dieser Versuchsreihe zu folgern, dafs kristallisierte Karbolsäure innerhalb 20 Minuten in der Konzentration der möglichen wäfsrigen Lösung Typhusbacillen vernichtet. Will man im Anschlufs hieran die Wirkung eines Seifenzusatzes konstatieren, so geschieht dies, ohne mit den Grenzen der Löslichkeit in Wasser in Konflikt zu kommen. Man verfährt am besten genau analog den Vorschriften des deutschen Arzneibuchs für die Herstellung des Liquor cresoli saponatus.

Im Wasserbade wird eine abgewogene Quantität Sapokalinus in einer Glasflasche mit eingeschliffenem Glasstopfen geschmolzen; in gleicher Weise wird dieselbe Menge Acid. carbol. cristall. in einer anderen Flasche verflüssigt und alsdann zur Seife zugesetzt. Die Flasche wird schnell und sorgfältig verschlossen, der Stopfen fixiert, damit die sich entwickelnden Karboldämpfe ihn nicht heraustreiben. War die Seife und die Karbolsäure rein, so bildet sich eine braune, klare, beim Schütteln wenig schäumende Flüssigkeit, welche etwas dünnflüssiger ist als Lysol. Der Geruch derselben ist charakterisiert durch ihre Zusammensetzung, doch tritt der Phenolgeruch aufserordentlich zurück. Beim Erkalten verändert sich die Mischung nicht. Mit destilliertem Wasser werden nunmehr Konzentrationen von 3—6% hergestellt und es wird die Desinfektionskraft dieser Lösungen, welche zunächst klar bleiben, im Verlauf von 24 Stunden aber einen geringen Niederschlag ausscheiden, auf gleiche Weise gegenüber Typhusbacillen festgestellt. Das Resultat ist in Tabelle III auf S. 233 angegeben.

Es hat also eine 4proz. Karbolsäure-Seifenlösung mit einem Gehalt von 2% Acid. carbol. cristall. dasselbe bezüglich der Desinfektion geleistet wie eine Karbolsäurelösung mit einem Gehalt von 5% Acid. carbol. cristall. In Wirklichkeit sind allerdings diese Konzentrationen gar nicht zur Verwendung gekommen; denn es wurden 5 ccm der fraglichen Lösungen mit 20 ccm Wasser verdünnt, also kam bei der Karbolsäurelösung eine Konzentration von 1% (0,25 g Acid. carbol. crist. in 25,0 ccm Wasser) zur Anwendung, bei der Karbolsäure-Seifenlösung eine Konzentration von 0,4% Acid. carbol. crist. (0,2 g Mischung in 25,0 ccm

Wasser, das entspricht einer 0,8 proz. Lösung, 0,4 Seife + 0,4 Acid. carb. cristall.).

Tabelle III.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens (Acid. carb. crist. u. Sapokalin. zu gleichen Teilen) 3, 4, 5, 6 %.

Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält				Zahl der Kolonien auf Platte			
	Acid. carb. crist.		Sapokalin.		a	b	c	d
	g	%	g	%	1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
3 %	0,075	0,3	0,075	0,3	unzählige	unzählige	sehr viele	viele
4 »	0,1	0,4	0,1	0,4	keine	keine	keine [1])	keine [1])
5 »	0,125	0,5	0,125	0,5	keine	keine	keine [1])	keine [1])
6 »	0,15	0,6	0,15	0,6	keine	keine	keine [1])	keine [1])

Es ersetzt bei dieser Versuchsanordnung die Seife mehr als die Hälfte der Karbolsäure, nämlich einerseits wurden verwendet 1 % Karbolsäure, anderseits mit demselben Erfolg 0,4 % Acid. carb. crist. + 0,4 % Seife. Diese 0,4 % der Seife entsprechen in der Leistung 0,6 % Acid. carb. cristall. Natürlich haben diese Zahlen nur Bedeutung für die Kombination von Seife und Karbolsäure, durchaus nicht für Seife allein. Immerhin geht daraus klar hervor, daſs die Seife nicht allein zur Lösung eines Desinfektionsmittels erforderlich ist, sondern daſs sie, wenn die Lösung an sich auch ohne Seife möglich ist, mit einem den in Frage kommenden Kresolen nahe verwandten Körper, dem Phenol, eine Steigerung der Desinfektionskraft zur Folge hat. Vielleicht darf man hiernach annehmen, daſs auch bei kresolhaltigen Seifen-Desinfektionsmitteln die Seife nicht nur lösende Eigenschaften hat, sondern von Bedeutung ist für die Erhöhung der Desinfektionskraft. Es ist selbstverständlich, daſs bei dieser Wirkung ein Verhältnisoptimum existieren wird; es wird bei einfacher Überlegung von vornherein anzunehmen sein, daſs nicht etwa bei immer weiterem Steigen des Seifengehaltes die

1) 4 qcm der Platte werden in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht; es entwickelt sich nichts.

Desinfektionskraft ad infinitum gesteigert wird, bis man endgültig zu dem Ergebnis käme, dafs die Seife mit unendlich kleinem Karbolsäuregehalt den höchsten Desinfektionswert besitzt. Im Gegenteil, es fragt sich, ob nicht etwa bei der Mischung mit gleichem Gehalt Seife und Karbolsäure das Optimum bereits überschritten ist. In dieser Hinsicht wurde zunächst eine Mischung ganz unter den oben erwähnten Bedingungen und Kautelen hergestellt, welche einen Teil Acidum carb. crist. auf zwei Teile Sapokalinus enthielt. Es ergab sich abermals eine klare, beim Erkalten unveränderte Flüssigkeit von etwas stärkerer Kohärenz. Die Prüfung gegenüber Typhusbacillen hatte folgendes Resultat:

Tabelle IV.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens (Acid. carb. crist. und Seife im Verhältnis 1 : 2), 3, 4, 5, 6, 7, 8 %. Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält				Zahl der Kolonien auf Platte			
	Acid. carb. crist.		Sapokalin.		a	b	c	d
					1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
	g	%	g	%				
3 %	0,05	0,2	0,1	0,4	unzählig.	unzählig.	unzählig.	sehr viele
4 »	0,066	0,266	0,133	0,533	unzählig.	unzählig.	unzählig.	sehr viele
5 »	0,083	0,33	0,163	0,66	unzählig.	sehr viele	viele	ca. 150
6 »	0,1	0,4	0,2	0,8	wenige	viele	20	keine
7 »	0,116	0,46	0,233	0,933	keine	keine	keine [1])	keine [1])
8 »	0,133	0,533	0,266	1,066	keine	keine	keine [1])	keine [1])

Eine völlige Desinfektion ist also eingetreten beim Zusatz von 5,0 ccm einer 7 proz. Lösung zu 20,0 ccm Wasser, d. h. bei einer Konzentration von 1,4 %, von der der dritte Teil = 0,473 % Acid. carb. crist. war. Das Verhältnis ist also ungünstiger, da sowohl der Karbolsäuregehalt etwas gestiegen ist, während die nötige Menge der Seife die doppelte war. Bei der weiteren Versuchsreihe wurde eine Karbolsäure-Seifenmischung hergestellt, welche einen Teil Acid. carbol. crist. und 3 Teile Seife enthielt.

1) 4 qcm der Platte werden in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht; es entwickelt sich nichts.

Dieselbe war dickflüssiger wie die vorigen und im ganzen klar, nur zeigten sich einige Flocken. Ihre Desinfektionskraft zeigt die Tabelle V.

Tabelle V.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens (Acid. carb. crist. und Seife im Verhältnis 1 : 3), 8, 9, 10 %.

Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält Acid. carb. crist. g	%	Sapokalin. g	%	Zahl der Kolonien auf Platte a: 1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	b: 1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	c: 0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	d: 0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
8 %	0,1	0,4	0,3	1,2	keine	wenige	wenige	einzelne
9 »	0,1125	0,45	0,3375	1,35	keine	keine	keine [1])	keine [1])
10 »	0,125	0,5	0,375	1,5	keine	keine	keine [1])	keine [1])

Unter den gleichen äufseren Bedingungen ist die volle Desinfektionswirkung mit der 9proz. Lösung erreicht, in welcher 2,25 % Acid. carb. cristall. enthalten waren. Die in Wirklichkeit verwendete Karbolsäure entspricht einer Konzentration von 0,45 % in Gemeinschaft mit dem dreifach stärkeren Seifengehalt. Aus diesen Resultaten ist zu erkennen, dafs ein gröfserer Zusatz Seife als im Verhältnis 1 : 1 die Wirkung nicht vermehrt, im Gegenteil, es mufs, um denselben Erfolg zu erzielen, die Konzentration der Lösung um so viel Seife erhöht werden, bis das nötige Karbolsäurequantum (d. h. eine Konzentration von 0,45 %) erreicht ist.

Versuchte man den Seifengehalt über 75 % zu steigern, so erhielt man keine Lösung mehr, sondern eine Masse wie dickes Öl. Von einer Prüfung von 1 Teil Acid. carb. crist. + 4 Teilen Seife wurde deshalb abgesehen. Analog den bisherigen Untersuchungen wurde nunmehr eine Lösung hergestellt, bei welcher der Karbolsäuregehalt das Doppelte des Seifengehaltes betrug. Das Resultat der Prüfung findet sich in Tabelle VI.

1) 4 qcm der Platte werden in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht; es entwickelt sich nichts.

Tabelle VI.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens (Acid. carb. crist. und Seife im Verhältnis 2 : 1), 3, 4, 5, 6 %.

Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält				Zahl der Kolonien auf Platte			
	Acid. carb. crist.		Sapokalin.		a	b	c	d
	g	%	g	%	1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
3 %	0,1	0,4	0,05	0,2	viele	wenige	einzelne	keine
4 »	0,133	0,533	0,066	0,266	keine	keine	keine [1])	keine [1])
5 »	0,163	0,66	0,083	0,33	keine	keine	keine [1])	keine [1])
6 »	0,2	0,8	0,1	0,4	keine	keine	keine [1])	keine [1])

Es zeigt sich, dafs bei diesem geringen Seifengehalt die völlig desinfizierende 4proz. Konzentration der Mischung 0,533 % Acid. carb. crist. enthält, also ein ungünstigeres Verhältnis.

Die Tatsache, dafs die bei den erwähnten Versuchen verwendete Seife einen Wassergehalt von 44,02 % aufwies, erweckte den Gedanken, dafs die Art und Weise, wie die Mischungen von Karbolsäure- und Seife hergestellt wurden, auf einer falschen Annahme beruhe, nämlich der, dafs eine Vereinigung beider Substanzen resp. Mischung nur in höherer Temperatur nach dem Schmelzen beider Teile möglich sei, analog dem Verhältnis von Seife und Kresol. Vielmehr erschien es nicht unwahrscheinlich, dafs bei Vermengen der Körper in einem Glas mit eingeschliffenem Stopfen bei gewöhnlicher Temperatur die hygroskopische Karbolsäure der Seife ihr Wasser entzieht, sich dadurch verflüssigt und dann die Seife in sich löst. Ein Versuch in dieser Hinsicht bewies die Richtigkeit einer solchen Auffassung. Es wurden gleiche Teile Acid. carb. crist. und Seife vereinigt. Das Phenol zerflofs innerhalb $^1/_4$ Stunde, während die Seife erst nach drei Stunden völlig gelöst war. Eine vergleichende Untersuchung dieser kalt erzielten Mischung mit der in der Wärme hergestellten ergab folgendes Resultat:

1) 4 qcm der Platte werden in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht; es entwickelt sich nichts.

Tabelle VII.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens (Acid. carb. crist. u. Seife zu gleichen Teilen; kalt hergestellt), 3, 4, 5 %.
Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

Konzentration d. zugesetzten Desinfiziens in Prozenten	Die Mischung enthält				Zahl der Kolonien auf Platte			
	Acid. carb. crist.		Sapokalin.		a	b	c	d
	g	%	g	%	1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
3 %	0,075	0,3	0,075	0,3	keine	keine	keine [1])	keine [1])
4 »	0,1	0,4	0,1	0,4	keine	keine	keine [2])	keine [2])
5 »	0,125	0,5	0,125	0,5	keine	keine	keine [2])	keine [2])

Ein besonderer Unterschied von der in der Wärme hergestellten Mischung ist nicht zu konstatieren.

Aus ähnlichen Rücksichten verglichen wir die Lösungen eines bestimmten Prozentgehaltes unserer Mischungen mit solchen Lösungen gleichen Gehaltes, welche aber von den früher untersuchenden Autoren (Reithoffer) so hergestellt waren, dafs z. B. in eine 2proz. Karbolsäurelösung 2 g Seife zugefügt wurden. Es wäre immerhin nicht vollständig von der Hand zu weisen, dafs durch diese Zubereitung eine andere Beeinflussung der Desinfektionskraft resultiert. Es ergab sich z. B. folgendes:

Tabelle VIII.

Mischung: 10 Tropfen 40 h Kultur + 20,0 ccm Wasser + 5,0 ccm Desinfiziens I resp. II.
I = 4 % wäfsrige Lösung von Acid. carb. crist. u. Sapokal. zu gleichen Teilen,
II = 2 % wäfsrige Lösung von Acid. carbol. crist.; hierzu 2 % Sapokalinus.
Dauer der Einwirkung: 20 Min. Temperatur 16°.

	Zahl der Kolonien auf Platte			
	a	b	c	d
	1,0 ccm Mischung + 9,0 ccm Gelatine	1,0 ccm a + 9,0 ccm Gelatine	0,5 ccm b + 9,5 ccm Gelatine	0,25 ccm c + 9,75 ccm Gelatine
I	keine	keine	keine [3])	keine [3])
II	keine	keine	keine [3])	keine [3])

1) 4 qcm der Platte in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht ergeben Wachstum von Typhusbacillen nach 2 Tagen.

2) Wie oben; es entwickelt sich nichts.

3) 4 qcm der Platte in Bouillon gelöst in den Brutschrank gebracht ergeben kein Wachstum.

Auch dieser Versuch zeigt keine Veränderung der Desinfektionskraft infolge der Variation der Herstellung.

Im Vergleich zu diesen Untersuchungen und den gefundenen Werten ist es von Bedeutung, die Schwankung der toxischen Wirkung je nach dem Verhältnis von Desinfiziens und Seife zu ermitteln. Hierbei möchte ich nicht versäumen, meinem Kollegen, Herrn Dr. Fr. Erne, I. Assistent am hygienischen Institut in Freiburg i. Br., für manchen Rat und bereitwillige Unterstützung aufrichtig zu danken. Wir wollen hier verzichten auf eine detaillierte Darstellung unserer Versuche. Vor allem aber sei bemerkt, dafs die von Husemann (»Toxikolog. Studien über Karbolsäure und Kreosot« deutsche Klinik 1871, S. 401) angegebene letale Dosis (für Acid. carb. crist.) 0,4—0,6 g bei subkutaner oder interner Applikation, auf 1000 g Kaninchen berechnet, als mafsgebend und richtig für Kaninchen befunden wurde, während häufig Werte zu niedrig angegeben sind. Natürlich sind individuelle Einflüsse von grofser Bedeutung. Nachdem mehrere orientierende Experimente angestellt waren, wurden planmäfsig folgende 18 Versuche im Laufe mehrerer Wochen, stets an neuen Tieren vorgenommen. Die Präparate wurden mit 50,0 ccm Mucilago Salep vermengt und mit einem weichen Katheder per os eingeführt. Nach der Einführung der Mittel wurde 2—3 Tage lang der Harn aufgefangen und untersucht. Besonderheiten wurden nicht festgestellt. Nur war die Harnabscheidung in den ersten Stunden nach dem Versuch etwas vermehrt.

(Siehe Tabelle IX auf S. 239 u. 240.)

Ein völlig klares Bild ergeben diese Versuche nicht, bisweilen findet sich die Beeinflussung durch individuelle Verschiedenheiten. Doch ist unleugbar, dafs in der grofsen Mehrzahl der Fälle beim Zusatz von Seife die Vergiftung unmittelbar und viel heftiger eintritt, ja unter Umständen den Tod bedingt, während gröfsere Mengen Karbolsäure mit geringeren Vergiftungssymptomen noch ertragen werden. Vielleicht könnte dies sogar darauf hinweisen, in Fällen von Karbolsäurevergiftung das mehrfach gepriesene therapeuthische Hilfsmittel, die Seife, lieber wegzulassen.

Tabelle IX.

Datum	Kaninchen	Gewicht	Acid. carb. crist. (auf 1000 g Körpergewicht)	Seife (auf 1000 g Körpergewicht)	Gesamtmenge	Intoxikation	Exitus	Sektion
27. Okt.	grau	2800 g	0,3 g	—	0,84 g	Gering. Keine Krämpfe. Nach 1 St. normal.	—	—
27. Okt.	weifs gescheckt	2560 g	0,3 g	0,3 g	1,54 g	Unmittelbar folgendes Muskelzittern. Lähmung. Nach $^3/_4$ St. spontan normale Bewegungen.	—	—
28. Okt.	weifs	2400 g	0,4 g	—	0,96 g	Nach 5 Min. Krämpfe, 10 Min. fällt es auf die Seite, 1 St. keine Krämpfe mehr. Am andern Morgen normal.	—	—
28. Okt.	schwarz	2700 g	0,4 g	0,4 g	2,16 g	Krämpfe, Lähmung. Wie bei vorigem Tier.	—	—
28. Okt.	schwarz	2800 g	0,5 g	—	1,4 g	Nach 5 Min. Krämpfe, Lähmung. Flachliegen am Boden. Nach 4 St. normal.	—	—
28. Okt.	gelb gescheckt	2750 g	0,5 g	0,5 g	2,75 g	Nach $^1/_4$ St. Muskelzittern. Bewegungen fast normal.	Nach 3 St.	Magenschleimhaut verätzt. Sonst keine Besonderheiten.
30. Okt.	grau	3000 g	0,5 g	0,5 g	3,0 g	Nach 6 Min. typische Intoxikation.	Nach $1^1/_2$ St.	Im Magenfundus d. Schleimhaut verätzt. Oberster Teil des Dünndarms Schleimhaut injiziert. Lunge sehr blutreich.
30. Okt.	grau	4000 g	0,5 g	—	2,0 g	Nach 5 Min. typisch. Auf die Seite gelegt, erhebt es sich wieder. Nach 2 St. normal.	—	—
31. Okt.	weifs	2750 g	0,4 g	0,8 g	3,3 g	Muskelzittern. In Pausen v. ca. 1 Min. Erschütterung des ganzen Körpers. Der Kopf sinkt zu Boden. Grofse Schwäche. Nach 12 St. völlig normal.	—	—
31. Okt.	grau und weifs	2950 g	0,5 g	1,0 g	4,425 g	Geringe Erscheinungen. Unruhe. Vorderläufe rutschen weg. Nach $^1/_2$ St. normal.	Nach 3 Wochen 22. XI.	Pneumonie.

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Datum	Kaninchen	Gewicht	Acid. carb. crist. auf 1000 g Körpergewicht	Seife auf 1000 g Körpergewicht	Gesamtmenge	Intoxikation	Exitus	Sektion
3. Nov.	grau	2555 g	0,4 g	1,2 g	4,088 g	Sofort Muskelzittern. Krämpfe, nicht sehr heftig. Vorderläufe rutschen weg und werden nicht wieder angezogen. Flache Lage. Am andern Morgen normal.	—	—
3. Nov.	weifs	3000 g	0,5 g	1,5 g	6,0 g	Ausgesprochenes Bild n. 2 Min. Hochgradige klonisch-tonische Krämpfe. Nach $^3/_4$ St. Zustand sehr schlecht.	Nach 2 St.	Schleimhaut des Magens verätzt. Viel Schleim im Magen und oberen Dünndarm.
3. Nov.	grau	3050 g	0,4 g	1,6 g	6,1 g	Geringe Erscheinungen. Lähmung der Vorderläufe. Andeutung von Zittern. Nach 2 St. normal.	—	—
3. Nov.	blau	3400 g	0,5 g	2,0 g	8,5 g	Fast keine Erscheinungen.	—	—
6. Nov.	grau und weifs	1900 g	0,6 g	—	1,14 g	Ruhige normale Haltung, dann etwas Zittern. Haltung gestreckt, Läufe normal. Spontane Fortbewegung. Hinterläufe behindert. Nach 50 Min. deutlich. Besserung. Nach 2 St. normal.	—	—
6. Nov.	grau	2100 g	0,6 g	0,6 g	2,52 g	Nach einigen Min. Krämpfe. Flaches Liegen am Boden. Läufe weggestreckt. Kopf fällt auf die Seite. Nach 40 Min. Haltung völlig passiv. Wider Erwarten Besserung. Nach 2 St. normale Haltung.	—	—
7. Nov.	grau	1700 g	0,6 g	1,2 g	3,06 g	Nach 5 Min. Fortrutschen der Läufe. Nach $^1/_4$ St. liegt der Kopf auf der Seite.	Nach 12 St.	Verätzung d. Magenschleimhaut. Niere blutreich. Zwischen Kortikal- und Markschicht eine bandförmige, 2 mm breite Zone, die ganz dunkel gefärbt ist.
7. Nov.	grau	1650 g	0,6 g	1,8 g	4,16 g	Nach kurzer Zeit typische und heftige Vergiftung. Krämpfe, Lähmung. Lagerung völlig passiv. Nach 12 St. annähernd normal.	—	—

Die Folgerungen, welche man aus diesen Versuchen ziehen mufs, sind folgende:

1. Sapokalinus (Pharm. Germ.) besitzt nur eine geringe desinfizierende Kraft.

2. Mit Acid. carb. crist. pur. bildet er bis zu einem Verhältnis von 1 : 3 schon bei gewöhnlicher Temperatur ohne jeden weiteren Zusatz eine Lösung.

3. Die Desinfektionskraft des Acid. carbol. crist. pur. wird durch den Zusatz dieses Sapokalinus, welcher kein freies Alkali besitzt, gesteigert.

   Die Steigerung ist am gröfsten beim Verhältnis von 1:1. Während Typhusbacillen in 20 Minuten von Acid. carbol. cristall. pur. erst durch eine 5 proz. Lösung vernichtet werden, werden sie in der gleichen Zeit bei Anwendung einer Mischung von gleichen Teilen Acid. carbol. cristall. und Sapokalinus durch eine 4 proz. Lösung abgetötet: man erreicht also den gleichen Erfolg mit weniger als der Hälfte Acid. carbol. crist.

4. Überträgt man diese Erfahrungen mit Phenol und Seife auf die in Wasser unlöslichen Kresole, so kann man den Schlufs ziehen, dafs die Verwendung von Seife bei der Herstellung von kresolhaltigen Desinfektionsmitteln nicht nur die Lösung der Kresole in Wasser ermöglicht in einer zur Desinfektion erforderlichen Konzentration, sondern dafs die Desinfektionskraft einer Kresolseifenlösung durch den Seifenzusatz erheblich gesteigert wird.

Entweder ist die Erhöhung der Desinfektionskraft durch die an sich wenig wirksame Seife darauf zurückzuführen, dafs die Desinfektionsobjekte der wirksamen Substanz, d. h. dem Kresol zugänglicher gemacht werden, oder es kann sich aus Phenol resp. Kresol und Seife ein neuer kompliziert zusammengesetzter Körper von höherer Desinfektionskraft gebildet haben oder schliefslich die Lösung des Desinfiziens (Phenol resp. Kresol) erfährt durch den

Zusatz von Seife eine Steigerung des Dissoziationsgrades und damit eine höhere Wirksamkeit.

Dieser Punkt ist zur Zeit noch Gegenstand weiterer Untersuchung.

Herrn Hofrat Prof. Dr. Schottelius, in dessen Institut und als dessen Assistent ich vorliegende Versuche anstellen konnte, möchte ich hiermit meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Literaturverzeichnis.

Koch, Über Desinfektion. Mitteil. aus d. Kaiserl. Gesundheitsamt, 1881.
Wernich, Anleitg. z. Desinfektionsverfahren, Reichsmedizinalkalender, 1884.
M. Kuisl, Beiträge zur Kenntnis der Bakterien im normalen Darmtraktus. Diss., München, 1885.
v. Eiselsberg, Über den Keimgehalt von Seifen und Verbandstoffen. Wien. med. Wochenschr., 1887, Nr. 19—21.
Di Mattei, Sull'azione disinfettante dei saponi communi. Bollett. della R. Acad. med. di Roma, Anno XV, 1888/89.
Kaupe, Studien über die Wirkung einiger Desinficientia. Diss., Würzburg, 1889.
Behring, Über Desinfektion, Desinfektionsmittel und Desinfektionsmethoden. Zeitschr. f. Hyg., Bd. IX, 1890.
F. X. Nigland, Über das Abtöten von Cholerabazillen im Wasser. Archiv f. Hyg., Bd. XVIII, 1893.
M. Solles, Desinfektion mit Seifenlösungen. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XV, S. 460, 1893.
Derselbe. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XIX, 1895.
Reinicke, Bakteriolog. Untersuchungen üb. d. Desinfektion. Diss., Berlin, 1895.
Th. Beyer, Über Wäschedesinfektion mit 3proz. Schmierseifenlösungen und mit Kalkwasser. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XXII, 1896.
R. Reithoffer, Über die Seifen als Desinfektionsmittel. Archiv f. Hyg., Bd. XXVII, 1896.
Serafini, Beitrag zum experimentellen Studium der Desinfektionsfähigkeit gewöhnlicher Waschseifen. Archiv f. Hyg., Bd. XXXIII, 1898.
Foerster, Versuche über Wäschedesinfektion. Hyg. Rundschau, Bd. X, Nr. 11, 1900.
Konradi, Über die bakterizide Wirkung der Seifen. Archiv f. Hygiene, Bd. XXXXIV, 1902.
H. Marx, Über die Desinfektionswirkung odorierender Substanzen in Seife. Zentralbl. f. Bakt., XXXIII, Nr. 1.
Nacht, Über die Verwendung von Karbolseifenlösungen zu Desinfektionszwecken. Zeitschr. f. Hyg., Bd. VII, 1889.
Ad. Heiller, Über die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel bei erhöhter Temperatur. Archiv. f. Hyg., Bd. XV, 1892.
Henle, Üb. Kreolin u. seine wirksamen Bestandteile. Arch. f. Hyg., Bd. IX, 1889.
Schottelius, Vergleichende Untersuchungen über die Desinfektionskraft des Kreolins, Lysols u. der Karbolsäure. Münchn. med. Wochenschr., 1890.
Th. Paul, Zur einheitlichen Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel. Berlin, 1901. (Jul. Springer.)
Husemann, Toxikologische Studien über Karbolsäure und Kreosot. Deutsche Klinik, 1871, S. 401.

Zur Biologie der Ruhrbacillen.

Von

Dr. **Dombrowsky**, Oberstabsarzt aus Rufsland.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin. Direktor: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Rubner.)

Ungeachtet der in den Jahren 1898 bezw. 1900 erschienenen Arbeiten von Shiga[1]) und Kruse[2]), von denen der Erreger der Dysenterie in Japan und Westfalen entdeckt worden ist, ferner ungeachtet der im Jahre 1901 erschienenen Arbeiten von E. Pfuhl[3]), Drigalski[3]), Schmiedicke[3]), Th. Müller[4]) und Rosenthal[5]) (1902), welche Autoren die Ubiquität des Dysenterie-Erregers in allen Fällen von Dysenterie-Erkrankung in Ostpreufsen, Österreich und Rufsland bestätigt haben, schliefslich trotz des sowohl von der Mehrzahl der oben genannten Autoren erbrachten, wie auch namentlich aus den Arbeiten von Martini und Lentz[6]) hervorgehenden Beweises der Identität der gefundenen Bacillen, können die biologischen Eigentümlich-

1) K. Shiga, Über den Erreger der Dysenterie in Japan. Zentralbl. f. Bakt., 1898, Bd. XXIII, Nr. 14, S. 599.

2) Kruse, Über die Ruhr als Volkskrankheit und ihren Erreger. Deutsche med. Wochenschr., 1900, Nr. 40.

3) Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens. 1902, H. 20.

4) Th. Müller, Über den bakteriologischen Befund bei einer Dysenterieepidemie. Zentralbl. f. Bakt, 1902, Bd. 31, H. 12.

5) Rosenthal. Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 6.

6) Martini und Lentz, Über die Differenzierung der Ruhrbacillen. Zeitschr. f. Hyg., Bd. 41, H. 3.

keiten der Dysenteriebacillen bis auf den heutigen Tag als vollständig klargestellt nicht betrachtet werden. Letzteres bezieht sich sogar auf Fragen von so hervorragender Wichtigkeit, wie diejenigen des Wachstums, der Lebensdauer und des Absterbens der in Rede stehenden Bacillen.

Über die besten Wachstumsbedingungen der Dysenteriebacillen.

Hinsichtlich der Reaktion des Nährmediums, welche für das Wachstum der Dysenteriebacillen die günstigsten Bedingungen schafft, finden wir bei Shiga[1]) folgendes: »Im allgemeinen sind Nährböden von etwas starker Alkalinität zu empfehlen.« Demgegenüber lesen wir bei Lentz[2]) folgenden bezüglichen Hinweis: »Am besten gedeiht er (d. h. der Dysenteriebacillus) bei leicht alkalischer Reaktion des Nährbodens.«

In Anbetracht dieses augenscheinlichen Widerspruches drängt sich einem unwillkürlich die Frage auf, welche Reaktion des Nährbodens ist nun diejenige, die das Wachstum der Dysenteriebacillen am meisten fördert.

Zur Lösung dieser Frage habe ich eine Reihe entsprechender Experimente angestellt.

Um Ruhrbacillen zu haben, die sich einem Nährmedium von bestimmter Reaktion nicht akkommodiert haben, nahm ich zu meinen Experimenten solche aus einem indifferenten Nährmedium, wie es z. B. sterilisiertes Leitungswasser ist. Ich verfuhr dabei folgendermaſsen:

In 10 ccm sterilisierten Leitungswassers brachte ich eine Öse Agar-Strichkultur hinein und zerrieb die letzte in der Flüssigkeit selbst. Nach 48 Stunden entnahm ich dieser Suspension 1 ccm und brachte es wiederum in 10 ccm sterilisierten Wassers, von welch letzterem nach 24 Stunden 1 ccm in ein Tropfglas *A* nebst 25 ccm sterilisierter Kochsalzlösung (0,85%) gebracht wurde; aus dem Tropfglas *A* brachte ich dann 5 Tropfen in ein Tropf-

1) Shiga, Über den Dysenteriebacillus. Zentralbl. f. Bakt., 1898, Bd. 24, S. 824.

2) Lentz, Dysenterie. Handbuch f. path. Mikroorganismen von Kolle u. Wassermann, S. 317.

glas *B*, welches gleichfalls 25 ccm derselben Kochsalzlösung enthielt. Ich hatte also 2 Tropfgläser (*A* und *B*) mit ungleichem Ruhrbazillengehalt in sterilisierter Kochsalzlösung.

Meine ersten Untersuchungen zur Bestimmung der Reaktionen, welche das Wachstum der Ruhrbazillen am meisten begünstigen, machte ich mit festen Nährmedien, nämlich mit Gelatine, die zur Züchtung von Plattenkulturen gewöhnlich verwendet wird. Ich verfertigte 8 Gelatine-Abstufungen von normalsaurem Fleischwasser bis zu Gelatine, in der die gesamte Säure durch $^1/_5$ Normal-NaHO-Lösung neutralisiert war, wobei als Indikator Phenolphthalein (Phenolphthaleinrotneutral) verwendet wurde. Bei allen meinen Experimenten bediente ich mich, den in der Arbeit von Ficker[1]) enthaltenen Vorschriften entsprechend, eines gleichartigen Nährmaterials; das Fleischwasser bereitete ich in gröfseren Mengen, die Gelatine in 5proz. Konzentration; diese Gelatine gestattet das Aufbewahren der Platten bei einer Temperatur von 26—27° C.

Von allen hergestellten Gelatine-Abstufungen wurden je 5 ccm in Reagenzgläschen gegossen und dann in je 2 Reagenzgläschen mit gleicher Gelatine-Abstufung 5 Tropfen der Suspension aus dem Tropfglas *A* bezw. *B* hinzugesetzt. Das Ganze wurde gründlich durchgemischt und dann zur Anlegung von Plattenkulturen verwendet; die Zahl der Platten betrug somit 32.

Die Zahl der auf den Platten gewachsenen Kulturen wurde entweder mikroskopisch (Plattenzähler von Leitz, Objektiv 3, Okular 1 oder 4, Netzmikrometer) nach den in der Arbeit von Neifser[2]) enthaltenen Angaben oder, wenn es die Zahl der gewachsenen Kolonien gestattete, unmittelbar durch makroskopische Zählung festgestellt.

Die von mir dabei erzielten Resultate sind aus den nachstehenden Tabellen I und II zu ersehen.

---

1) M. Ficker, Über Lebensdauer und Absterben von pathogenen Keimen. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XXIX, S. 14 u. ff.

2) M. Neifser, Die mikroskopische Plattenzählung und ihre spezielle Anwendung auf die Zählung von Wasserplatten. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XX, S. 119.

Aus den untenstehenden Tabellen, sowie aus den aus denselben sich ergebenden Kurven geht hervor, dafs die gröfste Kolonienzahl bei amphoterer Reaktion des Nährmediums gewachsen ist; die verschiedenen Grade der Alkalinität des Nährbodens üben mit Ausnahme der stark alkalischen Reaktion keinen bemerkbaren Einflufs auf die Anzahl der wachsenden Kolonien aus, welch letztere unabhängig von dem Alkalinitätsgrade gleich gut wachsen; bei stark ausgesprochener alkalischer Reaktion des Nährbodens verringert sich die Zahl der auf demselben wachsenden Kolonien. Desgleichen erhält man eine relativ geringere Kolonienzahl auch beim Wachstum der Ruhrbacillen auf einem vollständig sauren Nährboden (Gelatine + normalsaures Fleischwasser), wobei die Kolonienzahl mit der fortschreitenden Verringerung der Acidität des Nährbodens allmählich zunimmt.

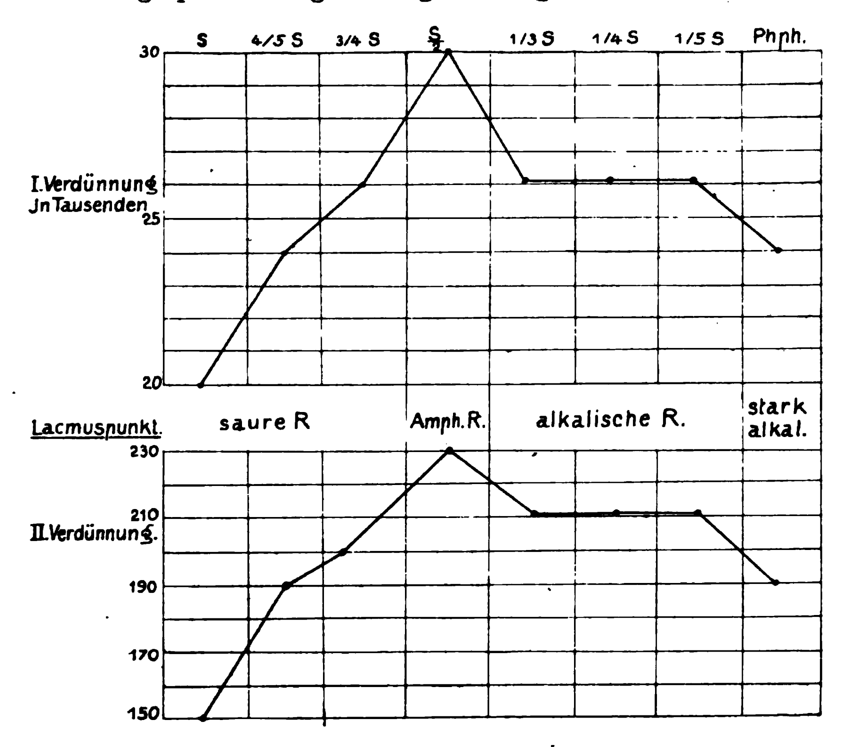
Tabelle I.

	Säure normale	4/5 S.	3/4 S.	1/2 S.	1/3 S.	1/4 S.	1/5 S.	Phenol-phthalein-rot-neutral
		nicht neutralisierte						
Quantität d. Verwendeten 1/5 Normal-NaHO in ccm		2,2	2,7	5,4	7,2	8,1	8,8	10,8
I. Verdünnung	α. 19109	23 306	24 885	29 208	26 527	25 367	26 802	24 697
	β. 21344	23 717	26 287	29 898	26 287	27 379	26 053	23 833
II. Verdünnung (Makrosk.)	α. 149	184	191	237	214	199	209	190
	β. 156	189	214	231	211	213	202	184
Lackmuspunkt	Saure Reaktion			Amphotere Reakt.	Alkalische Reaktion			Stark alkalisch

Tabelle II.
Dieselbe Tabelle wie die vorstehende mit abgerundeter Kolonienzahl.

	S.	4/5 S.	3/4 S.	1/2 S.	1/3 S.	1/4 S.	1/5 S.	Phenol-phthalein-rot-neutral
I. Verdünnung in Tausenden	20	24	26	30	26	26	26	24
II. Verdünnung	150	190	200	230	210	210	210	190
Lackmuspunkt	Saure Reaktion			Amphotere Reakt.	Alkalische Reaktion			Stark alkalisch

Die eben gefundenen Werte der absoluten Keimzahl der Kolonien graphisch dargestellt, geben folgende Kurven:



Um den Einflufs der Reaktion des Nährbodens auf das Wachstum der Ruhrbazillen auf flüssigem Nährboden zu erforschen, stellte ich, die Experimente mit Gelatine berücksichtigend, nur 5 Bouillonabstufungen her und zwar von normalsaurem Fleischwasser bis zu vollständiger Neutralisierung der Säure mittels $^1/_5$ Normal-NaHO-Lösung. Zu 5 Tropfgläsern mit je 20 ccm Bouillon von verschiedener Reaktion wurden je 0,5 ccm der oben näher bezeichneten Suspension von Ruhrbacillen in sterilisiertem Leitungswasser hinzugesetzt. Da die Gröfse der Tropfen der verwendeten Tropfgläser verschieden war, mufste zuvor die Gröfse des Tropfens eines jeden der angewendeten Tropfgläser bestimmt werden, was auch gemäfs den in der Arbeit von Ficker[1]) ent-

1) M. Ficker, Über Wachstumsgeschwindigkeit des Bacterium coli commune auf Platten. Inaugural-Dissert., Leipzig, S. 12 u. ff.

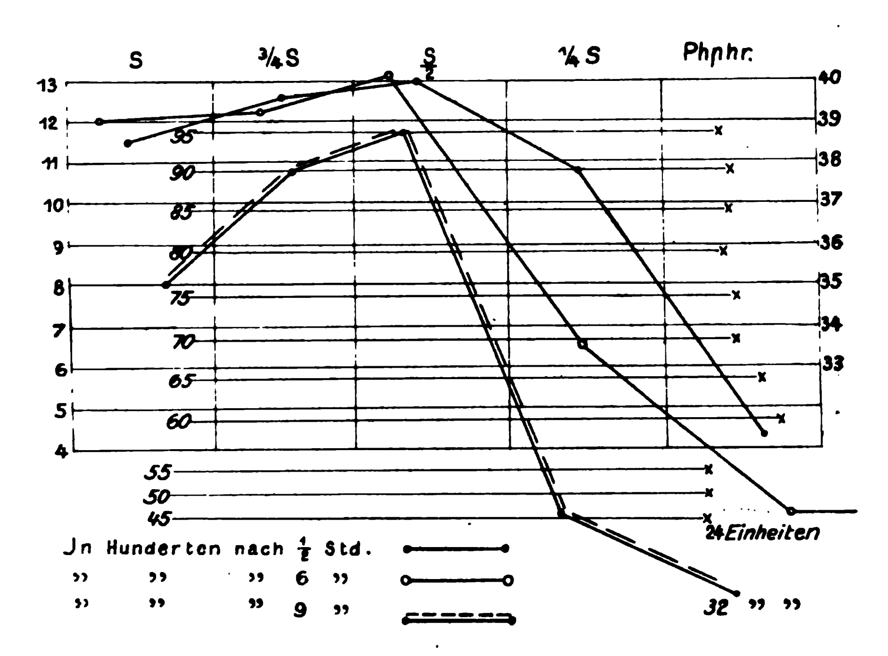
haltenen Angaben geschah, worauf alles in eine Kubikeinheit umgerechnet wurde. Für die Platten wurde Gelatine von für das Wachstum der Kolonien günstigster Reaktion $\frac{S}{2}$ hergestellt und aus jedem Tropfglas wurden je 5 Tropfen in je 2 Reagenzgläschen mit Gelatine gebracht, um je 2 Platten zu gewinnen. Die erzielten Resultate sind aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen.

Aus den in der Tabelle notierten Untersuchungsergebnissen, sowie aus den Kurven geht hervor, dafs auch in flüssigem Nährboden die amphotere Reaktion desselben diejenige ist, welche das Wachstum der Ruhrbacillen am meisten begünstigt, während deutlich ausgesprochene alkalische Reaktion das Wachstum der Kolonien zunächst sogar verlangsamt.

Tabelle III.

	S.	$^3/_4$ S.	$^1/_2$ S.	$^1/_4$ S.	Phenolphthaleinrot-neutral	Bouillontrübung	
Quantität der verwendeten $^1/_5$ Normal-NaHO-Lösg. zu 60 ccm	—	2	4	6	8	—	
Aussaat	0,5 ccm Suspension der Ruhrbacillen in Aqua ster. zu fünf Tropfen						Auf 2 Gelatineplatten bei 26° nach 24 h zu 6 Kol.
Ernte nach $^1/_2$ h bei 37° in 1 ccm	1173	1250	1300	1080	428	klar	Die Platten wurden nach 48 h bei 26° C. gezählt
Nach 6 h bei 37° in 1 ccm	3903	3933	4010	3372	24	klar	
Nach 9 h bei 37° in 1 ccm	7590	8953	9480	4516	32	klar	
Nach 24 h bei 37° in 1 ccm	Auf allen Platten unzählbare Mengen gewachsen					stark getrübt	
Lackmuspkt.	Saure Reaktion		Amphotere Reaktion	Alkalische Reaktion	Stark alkalisch		

Die gefundenen Werte der Keimzahl der Kolonien, in einer Kubikeinheit graphisch dargestellt, geben folgende Kurven:



Alles in allem kann man aus den vorstehenden Ausführungen den Schlufs ziehen, dafs die Ruhrbacillen, wenn auch die für deren Wachstum günstigste Reaktion sowohl auf festen, wie auch auf flüssigen Nährböden die amphotere Reaktion ist, während die alkalische Reaktion auf das Wachstum der in Rede stehenden Bakterienart sogar etwas hemmend einwirkt, sich nichtsdestoweniger, wie dies auch aus den obenstehenden Tabellen hervorgeht, durch die Fähigkeit, sich allen möglichen Schwankungen der uns bekannten Reaktionen zu akkommodieren, auszeichnen. Durch diese Eigenschaft unterscheiden sich die Dysenteriebacillen von allen anderen pathogenen Bakterien, wie z. B. des Choleravibrio, der schon in sehr schwach sauren Lösungen zu Grunde geht, oder den Typhusbacillen, für welche wieder eine saurere Reaktion vorteilhaft ist. Diese Akkommodationsfähigkeit der Ruhrbacillen ist in epidemiologischer Beziehung von hoher Bedeutung.

Absterben der Ruhrbacillen.

Das Austrocknen ist das wichtigste Mittel, welches Bakterien zu Grunde zu richten vermag. In Bezug auf den Einfluſs des Austrocknens auf die Lebensdauer der Ruhrbacillen finden wir aber bei den Autoren, welche mit diesen Bacillen experimentiert haben, ziemlich unbestimmte Angaben. So sagt Kruse[1]: »Scharf getrocknet, gehen sie schnell zu Grunde«. In derselben Richtung sagt Shiga[2]: »Beim Austrocknen in der Luft bleiben sie (die Ruhrbacillen) mehrere Tage lang am Leben«.

Um den Einfluſs des Austrocknens auf die Lebensdauer der Ruhrbacillen zu studieren, verfuhr ich folgendermaſsen: In 1 ccm sterilisierter Bouillon zerrieb ich eine Öse einer 20 Stunden alten Agar-Strichkultur, und von dieser Suspension zerrieb ich einen Tropfen mittels eines Glasspatels (wie dies bei der von Drigalski empfohlenen Methode geschieht), ohne den Spatel zuvor zu durchglühen, auf 2 gewöhnlichen Agarplatten.

Von der zweiten Agarplatte nahm ich von der 48 Stunden alten Oberflächenkultur kleine Bakterienmengen mittels Platinnadel, von deren oberem Ende ein 3 mm langes Stück unter geradem Winkel abgebogen war; die Nadel wurde auf die Kolonie gelegt und die an derselben haftende Bakterienmenge auf ein 12 qmm groſses Deckgläschen aufgetragen, wobei die aufgetragene Bakterienmenge in der Mitte des Deckgläschens einen ungefähr 3 qmm groſsen Raum einnahm. Die Deckgläschen wurden, bevor auf dieselben die Ruhrbacillen aufgetragen wurden, für die Dauer von $^1/_2$ Stunde in eine Chromatmischung (1 Teil chromsaures Kali und 4 Teile 25 proz. Schwefelsäure) gelegt, dann durch ausgiebiges Wässern unter der Wasserleitung und durch öfteres Abspülen mit destilliertem Wasser gereinigt, getrocknet und ausgeglüht.[3])

1. Kruse, Weitere Untersuchungen über die Ruhr und die Ruhrbacillen. Deutsche med. Wochenschr., 1901, Nr. 24, S. 387.

2) Shiga, Studien über die epidemische Dysenterie in Japan, unter besonderer Berücksichtigung des Bacillus dysenter. Deutsche med. Wochenschrift, 1901, Nr. 45, S. 741.

3) M. Ficker, Über Lebensdauer und Absterben von pathogenen Keimen. Zeitschr. f. Hyg., Bd. XXIX, S. 15.

Hierauf wurden die Deckgläschen samt den Ruhrbacillen in sterilisierte Petrischalen gelegt, welche ihrerseits in grofse Dosen gebracht und samt diesen in den Brutschrank bei 22°, bei 37°, sowie in den Eisschrank (10°—12°) gestellt wurden, um auch den Einflufs der Temperatur beim Austrocknen zu berücksichtigen.

In gewissen Zeitabschnitten wurden die Deckgläschen mittels sterilisierter Pinzette in toto mitsamt der ausgetrockneten Keimmasse in Röhrchen mit 5 ccm sterilisierter Bouillon übertragen und in den Brutschrank bei 37° für die Dauer von 24 Stunden gestellt, worauf die Röhrchen untersucht und aus denjenigen, die Trübung zeigten, von Zeit zu Zeit Plattenkulturen zur Kontrolle angelegt wurden. Die Resultate, welche ich dabei erzielt habe, ergeben sich aus folgender tabellarischer Zusammenstellung, in der + letztes positives, 0 erstes negatives Resultat bezeichnet.

		37°		22°		10—12°	
		+	0	+	0	+	0
Material von einer 48 h alten Kultur	Stamm Shiga	12 Tg.	13 Tg.	14 Tg.	15 Tg.	23 Tg.	24 Tg.
	Stamm Kruse	11 »	12 »	14 »	15 »	23 »	24 »
Material von einer 72 h alten Kultur	Stamm Shiga	12 »	13 »	15 »	16 »	23 »	24 »
	Stamm Kruse	12 »	13 »	14 »	15 »	23 »	24 »

Irgend ein mehr oder minder auffallender Unterschied beim Austrocknen zwischen einer 48 Stunden alten und einer 72 Stunden alten Kultur konnte nicht wahrgenommen werden, ebenso wie sich auch kein Unterschied zwischen dem Stamm Shiga und dem Stamm Kruse bemerkbar machte. Die konservierende Wirkung der Kühle trat hier stark zur Geltung, wobei die Tenazität des Individuums mit dem Steigen der Temperatur sinkt; beim Austrocknen bei 10°—12° bleiben die Ruhrbacillen 23 Tage am Leben; bei 22° bleiben die Ruhrbacillen 14—15 Tage am Leben; bei 37° nur 11—12 Tage.

Verhalten der Ruhrbacillen im sterilisierten Leitungswasser.

Indem ich die Dysenteriebacillen in sterilisiertes Leitungswasser brachte, um weitere Beobachtungen an diesen Bacillen, die einer so indifferenten Flüssigkeit entnommen waren, anzustellen, bot sich mir Gelegenheit, auch die Vitalität der Ruhrbacillen in diesem Medium zu studieren. In ein sterilisiertes Tropfglas wurden 20 ccm von der Suspension der Ruhrbacillen in sterilisiertes Leitungswasser (2 Ösen Agarkultur in 20 ccm sterilisiertes Leitungswasser) gebracht. Unmittelbar nach der Übertragung der Dysenteriebacillen in das Wasser und nach gründlicher Schüttelung des Gefäfses wurden 2 Gelatineplatten (2 Tropfen = 0,1 ccm) besät, worauf das Tropfglas bei Zimmertemperatur im Laboratoriumschrank, d. h. im Dunkeln, aufbewahrt wurde. Die Zählung der Kolonien wurde alle 8 Tage vorgenommen. Die erste Aussaat wurde am 9. Januar gemacht, das letzte positive Resultat am 24. März erzielt, an welchem Tage die makroskopisch abgezählten Platten einen durchschnittlichen Gehalt von 610 Kolonien pro Platte, d. h. von 6100 Kolonien in 1 ccm aufwiesen. Das erste negative Resultat, d. h. vollständige Sterilität der Platten, wurde am 31. März festgestellt. Im sterilisierten Leitungswasser erhalten die Ruhrbacillen, indem sie an Quantität allmählich abnehmen, ihre Lebensfähigkeit bis 11 Wochen (74 Tage) lang. Wolffhügel und Riedel[1]) haben bei ähnlichen Untersuchungen mit Cholerabacillen im sterilisierten Leitungswasser bei 15°—20° C. eine starke Vermehrung der Bacillen bis zum 13. Tage, sowie eine längere Erhaltung der Entwicklungsfähigkeit bis zum 32. Tage festgestellt. Die Dysenteriebacillen zeigen somit in letzterer Beziehung eine gröfsere Widerstandsfähigkeit.

Verhalten der Ruhrbacillen in nichtsterilisierten Medien.

Bei allen im nachstehenden angeführten, behufs Studiums der Lebensfähigkeit der Ruhrbacillen ausgeführten Experimenten

1) Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bakterien im Wasser. Arbeiten aus d. Kaiserl. Ges.-Amt, 1886. Zit. nach Loefflers: Das Wasser und die Mikroorganismen in Weyls Handbuch der Hyg., S. 677.

habe ich mich zur Isolierung der letzteren der von v. Drigalski vorgeschlagenen Nährböden bedient. Zunächst verwendete ich das von diesem Autor speziell für Ruhrbacillen[1]) vorgeschlagene Nährmedium, dann aber setzte ich zu diesem Nährmedium, weil auf demselben rasch verschiedenartige Saprophyten wachsen, die den Gang der Untersuchung, wie es auch Pfuhl[2]) in seiner Arbeit hervorhebt, verdunkeln, Nutrose und Kristallviolett hinzu, wie es v. Drigalski für Untersuchungen auf Typhusbacillen vorgeschlagen hat. Zwar wachsen die Ruhrbacillen auf diesem Nährboden nicht so gut, dafür wird aber dieser letztere nicht so rasch von allen möglichen anderen Bakterien verunreinigt, was bei der Herstellung eines Nährbodens für eine gröſsere Anzahl von Platten von nicht geringer Bedeutung ist. Anderseits ist es sehr schwer, den von v. Drigalski[3]) vorgeschlagenen speziellen Nährboden für Ruhrbacillen in Vorrat zu halten, und zwar nicht nur auf Platten ausgegossen, sondern selbst in Kolben, wo mit der Zeit Verunreinigung durch Luftkeime eintritt, Lackmus reduziert und der Nährboden aufgehellt wird.

a) Auf getrocknetem Brot.

Bei der Infizierung des Brotes verfuhr ich folgendermaſsen: 1 Agarstrichkultur wurde in 5 ccm sterilisierter Bouillon aufgeschwemmt und die gewonnene Aufschwemmung mit 5 ccm flüssigen Stuhls vermengt. Diese Mischung wurde dann mittels eines Platinpinsels aufgetragen.

Ein Stück sogenannten Hamburger Schwarzbrotes wurde in Schnitten von 15 × 18 × 2 und ein Stück Pumpernickel in Schnitten von 8 × 5 × 1 24 Stunden lang im Brutschrank bei 56° C. getrocknet. Mittels eines Platinpinsels wurden die getrockneten Brotschnitten infiziert, und zwar auf Anraten des hochverehrten Herrn Geheimrats Prof. Dr. Rubner sowohl in der Mitte wie auch an der oberen und unteren Rinde. Das Brot wurde

1) Dr. v. Drigalski, Untersuchungen. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitäts-Wesens, 1902, H. 20, S. 89.

2) Prof. E. Pfuhl. Zeitschr. f. Hyg., 1902, Bd. 40, S. 557.

3) v. Drigalski und Conradi, Verfahren zum Nachweis der Typhusbacillen. Zeitschr. f. Hyg., 1902, Bd. XXXIX, S. 283.

mit der oben angegebenen Mischung reichlich bestrichen, worauf es in grofse Dosen gelegt und mitsamt denselben für die Dauer von 24 Stunden in den Schrank gestellt wurde. Hierauf wurde mittels ausgeglühten und darauf erkalteten Messers die oberflächliche Schicht von einer ungefähr 1 qcm grofsen Fläche abgeschabt und in ein sterilisiertes Blockschälchen zugleich mit 10 Tropfen sterilisierter Bouillon gebracht. Die Masse wurde dann mittels eines sterilisierten Glasstabes zerrieben und hierauf mittels Glasspatels auf den in grofsen Platten formierten Nährboden aufgetragen. Die Platten wurden nach 24—30 Stunden besichtigt und die verdächtigen Kolonien untersucht. Zunächst wurde im hängenden Tropfen untersucht, ob nicht die der verdächtigen Kolonie entnommenen Bakterien Eigenbewegung aufweisen. Zeigten die Bakterien keine Eigenbewegung, so wurde die entsprechende Agglutinationsprobe mit dem spezifischen Serum (gewöhnlich in einer Verdünnung von 1 : 20) gemacht; fiel die Agglutinationsprobe positiv aus, so wurden gefärbte Deckglaspräparate angefertigt, und in einigen Fällen wurde der Rest der Kolonie auf ein Schrägagarröhrchen übertragen und die gewonnene Kultur durch gewisse Nährmedien (Zuckeragar, Milch) durchgeführt. In derselben Weise verfuhr ich bei allen meinen weiteren Untersuchungen.

Von der Brotrinde, der oberen sowohl wie der unteren, konnte man schon am dritten Tage keine Ruhrbacillen mehr züchten.

		+	0
Versuch: Rinde	obere	24 h	72 h
	untere	24 h	72 h.

Von der Krume konnten Ruhrbazillen noch nach 5 Tagen gezüchtet werden.

	+	0
Brotkrume	5 Tg.	6 Tg.

b) Verhalten der Ruhrbacillen auf Kartoffeln.

Dieselbe Mischung (dünner Stuhl + Aufschwemmung der Agarkultur) wurde mittels eines Platinpinsels auf Kartoffeln, die

auf dem Markte gekauft waren, aufgetragen und in den Eisschrank (10°—12°) unter Ausschlufs des Lichtzutritts gebracht, um ungefähr dieselben Verhältnisse zu schaffen, unter welchen Kartoffel im Keller gewöhnlich aufbewahrt werden. Hieraut wurde mittels Platinspatels vorsichtig, ohne stark aufzudrücken, von den Kartoffeln, und zwar von einer 1 qcm grofsen Fläche, die oberflächliche Schicht abgeschabt und die gewonnene Masse, wie oben geschildert, mit Bouillon in Blockschälchen zerrieben. Bei dieser Versuchsanordnung konnte man das Vorhandensein von Ruhrbacillen auf den Kartoffeln 3 Tage lang feststellen.

c) Verhalten der Ruhrbacillen in Milch.

Bezüglich der Haltbarkeit der Ruhrbacillen in der Milch finden wir Angaben in den Arbeiten von Pfuhl und Schmidt. Bei Pfuhl[1]) hielten sich in der Milch die Ruhrbacillen in einer Probe 8 Tage, in einer anderen 27 Tage, bei Schmidt[2]) hielten sie sich in einer gewöhnlichen Kaffeemilch bei Zimmerwärme 68 Tage.

Um in Erfahrung zu bringen, ob nicht die Beschaffenheit der Milch von Einflufs auf die Haltbarkeit der Ruhrbacillen ist, habe ich Untersuchungen mit Vollmilch und Magermilch angestellt, die den durch die Stadt fahrenden Milchwagen entnommen wurde. Zu ½ l Milch wurde eine Aufschwemmung von einer Ruhr-Agar-Strichkultur in 5 ccm derselben Milch hinzugesetzt. 2 Proben der zu untersuchenden Milch und zwar je ½ l Voll- und Magermilch wurden bei Zimmertemperatur in Erlenmayerschen Kolben, die mit angebranntem Wattepfropfen geschlossen waren, in den Schrank gestellt. Zugleich wurde eine Milchprobe (½ l Vollmilch) in den Eisschrank gebracht. Die Milch wurde alle 3 Tage 2 Tage hintereinander untersucht, wobei folgende Resultate festgestellt worden sind:

	+	0
Vollmilch (Zimmertemperatur)	20 Tg.	21 Tg.
Magermilch » »	24 »	25 »
Vollmilch (10°—12°)	24 »	25 »

1) Prof. Pfuhl. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten, 1902, Bd. 40.

2) G. Schmidt, Zur Frage der Widerstandsfähigkeit der Shiga-Kruseschen Ruhrbacillen. Zentralbl. f. Bakt., Bd. XXXIa, Nr. 11, S. 522.

Die Ruhrbacillen sind nicht nur in der Magermilch länger am Leben geblieben, sondern auch in bedeutend gröſserer Quantität auf aus der Magermilch angelegten Plattenkulturen gewachsen, so daſs die Magermilch unbedingt als ein für die Ruhrbacillen günstigerer Nährboden betrachtet werden kann als die Vollmilch. Der konservierende Einfluſs der Kühle ist auch hier zutage getreten.

Über das zur Identifizierung der Ruhrbacillen verwendete Ruhrserum.

Zur Identifizierung der Ruhrbacillen bediente ich mich des Blutserums von Kaninchen, denen unter die Bauchhaut abgetötete Kulturen in immer steigenden Quantitäten injiziert wurden. Dem einen Kaninchen wurden subcutane Injektionen von Ruhrbacillen des Shigaschen, dem anderen solche von Ruhrbacillen des Kruseschen Stammes gemacht.

I. Einem schwarzen Kaninchen von 2490 g Körpergewicht wurden im Dezember 1902 3 Injektionen (0,02 Agar-Strichkultur, sowie 0,05 und 0,5 Agarkultur vom Shigaschen Stamme) mit einem Abstande von 8 bezw. 14 Tagen gemacht. 10 Tage nach der letzten Injektion agglutinierte das Serum dieses Kaninchens die Ruhrbacillen in einer Verdünnung von 1 : 30, d. h. $A_2 = 30$. Dieses Kaninchen wurde 2 Monate lang nicht weiter behelligt, worauf die Prüfung des Serums $A_2 = 5$ ergab.

Am 27. Februar 1903 wurde diesem Kaninchen (S.), dessen Körpergewicht immer noch 2490 g betrug, 1 ccm von einer Agar-Strichkulturaufschwemmung in Bouillon (1 : 10), d. h. 0,1 Agarkultur subcutan injiziert.

Am 28. Februar wog das Kaninchen 2425 g.

Am 7. März wurden dem Kaninchen, dessen Körpergewicht zur Zeit 2530 g betragen hat, 10 ccm Blut abgezapft, wobei die Agglutinationskraft des Blutserums mikroskopisch und makroskopisch 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20, nur mikroskopisch 1 : 30, 1 : 50 ausmachte. Die mikroskopische Beobachtung wurde 2 Stunden lang geführt, die Reagenzgläschen makroskopisch nach 24 Stunden besichtigt. Wir wollen hier somit $A_2 = 50$ bezeichnen.

9. März. Dem Kaninchen, welches an diesem Tage 2515 g wog, wurden 1,25 ccm Aufschwemmung, d. h. 0,125 Agarkultur subcutan injiziert. Allmählich an Körpergewicht abnehmend, erreichte das Tier den höchsten Körpergewichtsverlust am 13. März, an welchem Tage dasselbe nämlich 2320 g wog. Dann begann das Tier wieder an Körpergewicht zuzunehmen und sich zu erholen. Am 18. März wurden dem 2465 g wiegenden Tiere wiederum 8 ccm Blut abgezapft. Die Agglutinationskraft des Blutserums war dieselbe wie am 7. März, d. h. $A_2 = 50$.

23. März. Körpergewicht des Tieres 2450 g. Subcutane Injektion von 0,2 Agarkultur.

26. März. Körpergewicht des Tieres beträgt 2250 g.

30. März. Das Tier wiegt 2370 g und bekommt eine subcutane Injektion von 0,3 Agarkultur.

Zum 1. April wog das Tier 2155 g.

Am 7. April wurde dem Kaninchen, welches an diesem Tage 2225 g wog, $^1/_2$ Agarkultur injiziert.

15. April. Das Tier wiegt 2160 g. Es werden 10 ccm Blut abgezapft. Agglutinationswert mikroskopisch und makroskopisch 1 : 10, 1 : 20, 1 : 30 und nicht deutlich 1 : 50; mikroskopisch1 : 100. Wir wollen $A_2 = 100$ bezeichnen.

II. Einem weifsen Kaninchen (W.), welches 1525 g wog, wurde am 7. Februar, ohne vorangehende Injektionen von kleineren Quantitäten, 0,1 Agarkultur (1 ccm Aufschwemmung vom Stamm Kruse) injiziert. Innerhalb der folgenden 4 Tage sank das Körpergewicht des Tieres immer mehr und mehr und betrug am 11. Februar 1250 g; das Tier hat die Frefslust verloren, hatte starke Diarrhöe und zeigte am 3. Tage eine Lähmung der Hinterbeine, bei einer Temperatur von nicht über 34° C., und es schien, dafs das Tier zu Grunde gehen wird. Das Tier hat aber den so hohen Körpergewichtsverlust und Kräfteverfall überstanden, begann an Körpergewicht allmählich zuzunehmen und wog nach 10 Tagen, vom Beginn des Experiments gerechnet, d. h. am 17. Februar, 1375 g; an diesem Tage wurden dem Kaninchen 10 ccm Blut abgezapft. $A_2 = 50$ (mikroskopisch). Mikroskopisch und makroskopisch A = 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20 und 1 : 30.

Am 23. Februar wurde dem Tiere, welches an diesem Tage 1450 g wog, wiederum dieselbe Quantität, nämlich 0,1 Agarkultur injiziert; nach dieser Injektion sank das Körpergewicht des Tieres bis 1350 g, jedoch wurde der Körpergewichtsverlust von den früheren stürmischen Erscheinungen nicht mehr begleitet.

4. März. Agglutinationskraft des Blutserums blieb dieselbe.

6. März. Dem 1590 g wiegenden Tiere wurden 0,125 Agarkultur subcutan injiziert. Das Körpergewicht des Tieres sank hierauf auf 1530 g.

16. März. Blutentnahme. Agglutinationskraft wie früher.

19. März. Das Tier wiegt 1740 g und bekommt 0,2 Agarkultur injiziert. Hierauf unbedeutende Körpergewichtsabnahme (1710 g).

26. März. Das Tier wiegt 1770 g. Es bekommt 0,3 Agarkultur subcutan injiziert und verliert innerhalb der beiden folgenden Tage 95 g an Körpergewicht (1675 g).

4. April. Es werden 9 ccm Blut abgezapft. $A_2 = 150$; makroskopisch $A = 50$.

7. April. Körpergewicht des Tieres 1735 g. Es wird $^1/_2$ Agarkultur injiziert, worauf das Körpergewicht bis 1565 g sinkt.

15. April. Blutentnahme. Das Blutserum zeigt dieselbe Agglutinationskraft wie früher (4. April).

Das Blutserum des Tieres, welchem die Aufschwemmung vom Stamm Kruse injiziert worden war, agglutinierte den Stamm Shiga und umgekehrt: nur trat die Agglutination desjenigen Stammes, mit dem das Tier immunisiert worden war, einige Minuten früher ein. Die mikroskopische Untersuchung führte ich in der üblichen Weise aus (2 Stunden $= A_2$); die makroskopische Untersuchung machte ich in kleinen Spitzgläschen nach Ficker[1]), indem ich eine Öse Agarstrichkultur in 1 ccm der entsprechenden Lösung des Blutserums in Bouillon aufschwemmte. Bei der Identifizierung der von verschiedenen Nährböden gewonnenen Ruhrbacillen bediente ich mich einer Verdünnung von 1 : 20, da die Ruhrbacillen bei dieser Verdünnung verhältnis-

---

1) M. Ficker, Zur Agglutinationstechnik. Hyg. Rundschau, 1902, Nr. 22.

mäfsig rasch (ungefähr A $^1/_2$ Stunde = 20) agglutiniert wurden, während andere Bacillen auch innerhalb 24 Stunden selbst im Brutschrank bei 37° nicht agglutiniert werden.

Überall, wo ich den verwendeten Ruhrbacillenstamm nicht besonders bezeichne, ist der Stamm Kruse verwendet worden.

* * *

Aus diesen mit dem Blutserum von Kaninchen angestellten Experimenten geht hervor, dafs man diese Tiere, wenn man sie auch behufs Gewinnung von Ruhrserum verwenden kann, es natürlich nur zu diagnostischen Zwecken, nämlich behufs Identifizierung der Ruhrbacillen tun kann. Der Übelstand, mit dem die Verwendung der Kaninchen verknüpft ist, liegt darin, dafs die Tiere auf die Injektionen besonders stark reagieren, so dafs man die Menge des zu injizierenden Materials bisweilen in grofsen Zeitabständen und mit gewisser Vorsicht steigern kann; ferner läfst sich von diesen Tieren kein hochwertiges Ruhrserum gewinnen; die Agglutinationskraft des Blutserums läfst, wenn keine wiederholten Injektionen gemacht werden, bemerkbar nach, wie dies aus dem Experiment mit dem ersten Kaninchen (S) hervorgeht, bei dem die Injektionen durch eine Zwischenpause von 2 Monaten unterbrochen waren. Übrigens ist eine so rasche Herabsetzung der Agglutinationskraft des Ruhrserums auch bei Menschen beobachtet worden, welche Dysenterie überstanden haben.[1])

* * *

Aus den vorstehenden Ausführungen glaube ich folgende Schlufsfolgerungen ziehen zu können:

1. Die amphotere Reaktion ist diejenige, welche das Wachstum der Ruhrbacillen sowohl auf festen wie auch auf flüssigen Nährböden am meisten begünstigt.

2. Wenn auch die deutlich ausgesprochene alkalische Reaktion der Nährböden zunächst eine gewisse verlangsamende Wirkung auf das Wachstum der Ruhrbacillen ausübt, so vermögen doch die Ruhrbacillen nichtsdestoweniger sich in weitgehendstem Mafse

1) E. Pfuhl, Bakteriologische und mikroskopische Untersuchungen. Veröffentlichung aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens, 1902, H. 20, S. 75.

allen möglichen Schwankungen der uns bekannten Reaktionen zu akkommodieren; dadurch unterscheiden sich die Ruhrbacillen von anderen pathogenen Bakterien, wie z. B. von Choleravibrionen oder Typhusbacillen. Letzterer Umstand ist in epidemiologischer Beziehung von hoher Bedeutung.

3. Auf Deckgläschen ausgetrocknet, behalten die Ruhrbacillen ihre Lebensfähigkeit je nach der Temperatur, der sie ausgesetzt waren, 11—23 Tage.

4. Ein Unterschied beim Austrocknen konnte zwischen einer 48stündigen und einer 72stündigen Kultur nicht wahrgenommen werden.

5. Im sterilisierten Leitungswasser erhalten die Ruhrbacillen ihre Lebensfähigkeit 74—77 Tage, d. h. bis 11 Wochen.

6. Auf der Krume einer mit ruhrbacillenhaltigen Stühlen infizierten Brotschnitte bleiben die Ruhrbacillen 5 Tage am Leben, während sie auf der Brotrinde, und zwar sowohl auf der oberen wie auf der unteren, schon innerhalb der ersten zwei Tage zu Grunde gehen. Letzterer Beobachtung kann man eine gewisse Bedeutung beimessen, namentlich wenn man den üblichen stückweisen Brotverkauf in Erwägung zieht.

7. Auf mit ruhrbacillenhaltigen Stühlen infizierten Kartoffeln bleiben die Ruhrbacillen 3 Tage am Leben.

8. Was das Verhalten der Ruhrbacillen in der Milch betrifft, so bleiben dieselben ceteris paribus in Magermilch nicht nur länger am Leben als in Vollmilch (24 : 20 Tage), sondern erstere gibt für das Wachstum der Ruhrbacillen zugleich auch einen weit günstigeren Nährboden als Vollmilch ab.

9. In der Frage der Identizität der Ruhrbacillen des Shigaschen und denjenigen des Kruseschen Stammes glaube ich sowohl auf Grund des Verhaltens dieser beiden Ruhrbacillenstämme dem Blutserum von entsprechend immunisierten Tieren gegenüber, wie auch auf Grund ihres Verhaltens beim Austrocknen auf Deckgläschen mich denjenigen Autoren anschliefsen zu sollen, die die vollständige Identizität der beiden Ruhrbacillenstämme anerkennen.

* * *

Zum Schlusse ist es mir eine durchaus angenehme Pflicht, Herrn Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Rubner für die Anregung zu dieser Arbeit und für das Interesse, welches er meinen Untersuchungen stets entgegengebracht hat, sowie auch Herrn Privatdozenten Dr. Ficker für den fördernden Rat, den er mir Tag ein Tag aus in der liebenswürdigsten Weise in Wort und Tat hat zuteil werden lassen, an dieser Stelle meinen ergebensten und tiefgefühlten Dank zu sagen.

Über Sonnenstich und über Schutzmittel gegen Wärmestrahlung.

Experimentelle Studien.

Von

Dr. med. **P. Schmidt.**

(Aus dem Institute für Schiffs- und Tropenkrankheiten in Hamburg. Direktor: Hafenarzt Physikus Dr. Nocht.)

Es ist bekannt, dafs die Symptome des Sonnenstiches im Gegensatze zum Hitzschlag schon in ganz kurzer Zeit eintreten können, ohne dafs irgend eine Erhöhung der Körpertemperatur statthat. Man wird also eine momentane Durchstrahlung oder doch wenigstens eine sehr rasch in die Tiefe dringende Erwärmung der gesamten Schädeldecke voraussetzen müssen zur Annahme einer so frühzeitigen Alteration der Gehirnrinde, wenn man nicht zu einer reflektorischen Wirkung von der Haut in die Tiefe seine Zuflucht nehmen will.

Bei der erheblichen Dicke des Schädeldaches ist eine Durchstrahlung und selbst eine so frühe Durchwärmung keineswegs selbstverständlich.

Der Verfasser machte es sich zur Aufgabe, diesen Fragen experimentell näher zu treten.

Könnte erwiesen werden, dafs eine Durchstrahlung oder Durchwärmung in so kurzer Zeit schon bei künstlichen Wärmequellen vorhanden ist, um wieviel mehr müfste es erst bei Sonnenlicht, besonders dem tropischen, der Fall sein!

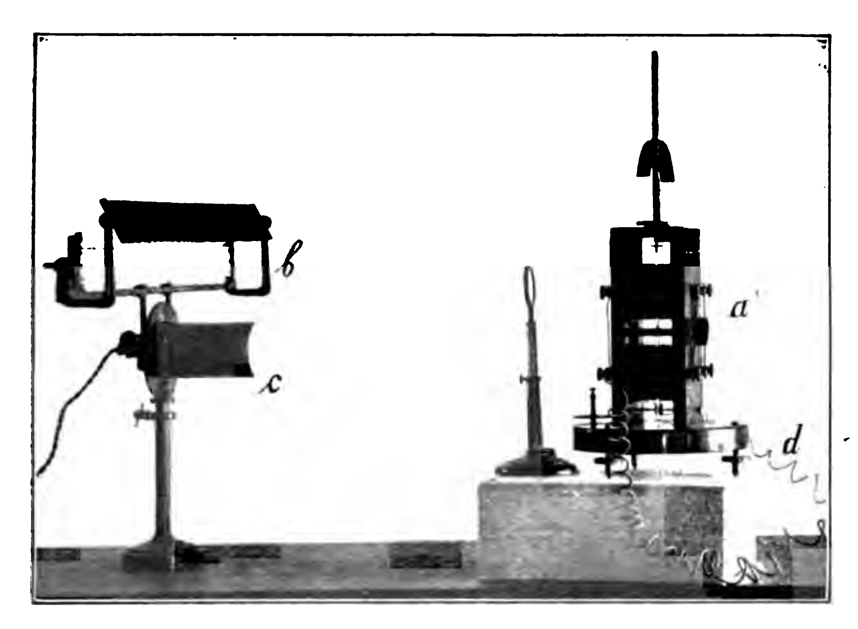


Fig. 1.
a Galvanometer. *b* Beobachtungs-Skala. *c* Lichtquelle zur Beleuchtung des Spiegels.
d Drähte, zur Thermosäule führend.

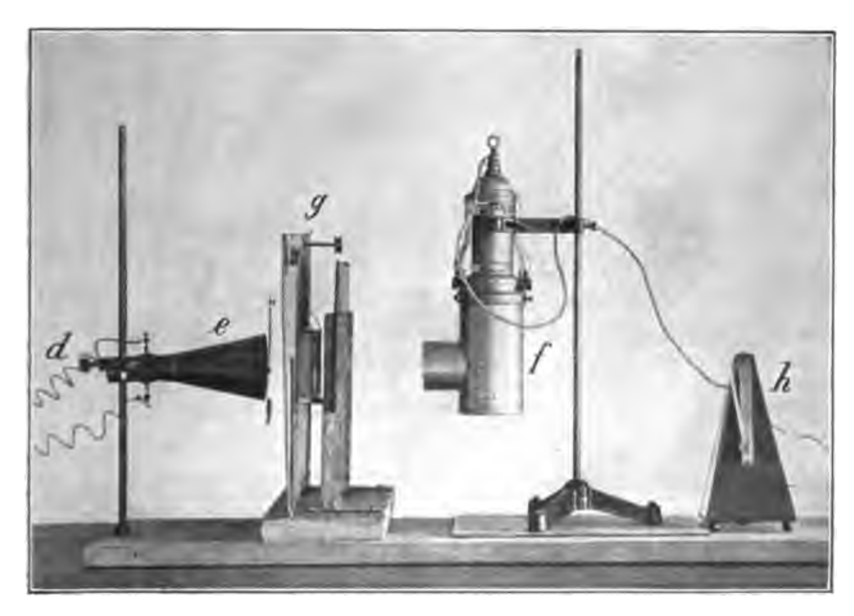


Fig. 2.
e Sammeltrichter der Thermosäule. *f* Nernstlampe. *g* Zwischenschaltapparate.
h Maelzelsches Metronom.

Es war bei diesen Untersuchungen von Interesse, nächst dem Verhalten der gesamten Schädeldecke das der verschiedenen Gewebe, Haut, Fett, Muskel etc. einzeln zu prüfen.

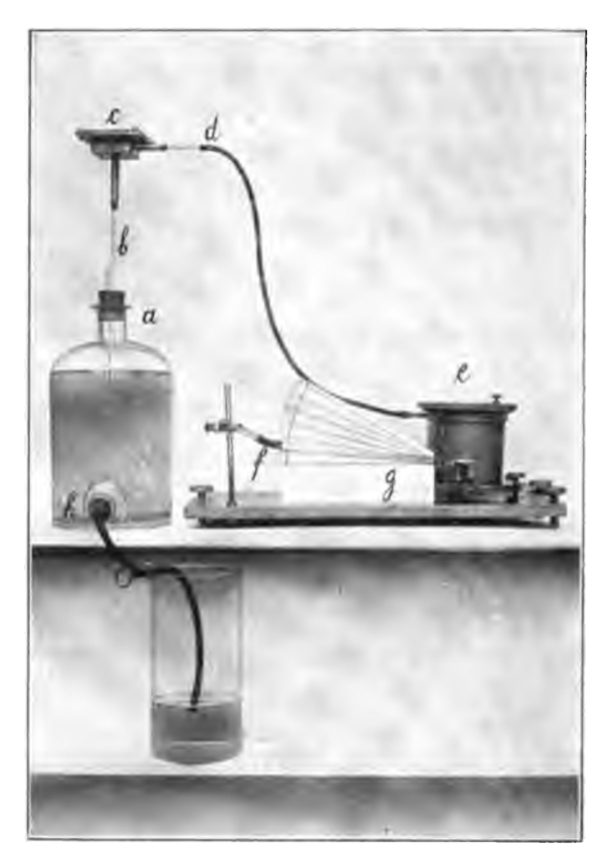


Fig. 3.

a Mariottesche Flasche. *b* Zuführungsrohr. *c* Kammer zur Aufnahme des Stoffes. *d* Verbindungsschlauch zum Recknagelschen Manometer. *e* Recknagelsches Differentialmanometer. *f* Manometer-Röhre. *g* Winkelmesser (zur Bestimmung des Elevationswinkels). *h* Ausflußöffnung (hier mit einem Schlauch verschlossen).

Auch die Frage, welche Bedeutung der Art der Strahlen, den aktinischen und den thermischen, zukommt, fand besondere Berücksichtigung. Im Anschlusse an diese Untersuchungen wurde eine Anzahl in den Tropen verwendeter Kopfbedeckungen und Kleiderstoffe auf ihre Durchlässigkeit und Absorptionsfähigkeit für Wärmestrahlen untersucht. Es wurden nur relative Werte

ermittelt. Wer sich für das Verhältnis absoluter Wärmemengen und ihrer physiologischen Wirkung auf die Haut interessiert, kann sich in der klassischen Arbeit Rubners »Die strahlende Wärme irdischer Lichtquellen in hygienischer Hinsicht« (Archiv für Hygiene, Bd. XXIII, S. 87 ff.) auf das Beste orientieren. — Siehe auch Rubner »Vergleichende Untersuchungen der Hauttätigkeit des Europäers und Negers« (Archiv für Hygiene, Bd. XXXVIII, S. 148 ff.).

Versuchsanordnung.

Die Untersuchungen geschahen auf thermoelektrischem Wege mittels eines Galvanometers. Das zu prüfende Gewebe wurde eingeschaltet zwischen Wärmequelle und Thermosäule vor der 25 qcm weiten Öffnung eines wärmeundurchlässigen Pappeschirms. Als Wärmequelle diente eine 65kerzige Nernstlampe im Abstand von 28 cm von der Rufsfläche der Thermosäule für tierische Gewebe, und im Abstand von 42 cm für Stoffe, ferner für eine Reihe von Untersuchungen auch Sonnenlicht.

Die Wärmemenge, welche durch das Gewebe hindurch die Rufsfläche der Thermosäule traf, wurde durch die Ausschläge eines in den Stromkreis der Thermosäule eingeschalteten Galvanometers gemessen. In den Fällen, wo die Dauer der Einwirkung der Wärmestrahlen nur 1 Sekunde betrug, wurde die Öffnung und Schliefsung des Wärmekegels mittels eines Thornton-Pickardschen Patentverschlusses besorgt, der nach den Schlägen eines Maelzelschen Metronoms reguliert wurde. Die gröfseren Zeitwerte von 15 Sekunden an wurden mit dem Sekundenzeiger einer Uhr gemessen; den Verschlufs bewerkstelligte in den letzteren Fällen ein Asbestschirm.

(Abbildungen siehe S. 263 und 264.)

Untersuchungen tierischer Gewebe.

Ganze Schädeldecke.

Von besonderem Interesse war das Verhalten der Schädeldecke in ihrer ganzen Dicke, Dura mater, Knochen, Muskel, Fascie und Haut zusammen. Es wurde eine 12 mm dicke, soeben der frischen Leiche entnommene Schädelkalotte mit einer

dünnen schwarzen Haarschicht (die einzelnen Haare waren etwa 5 mm lang) eingeschaltet. Die Haarschicht war, den natürlichen Verhältnissen entsprechend, der Wärmequelle zugekehrt. Im folgenden ersieht man die Ausschläge des Galvanometers nach 1, 15 Sekunden bis 3 Minuten bei einem Abstande der Nernstlampe (des Glühfadens) von 28 cm von der Rufsfläche. Alle Zahlen sind Durchschnittswerte aus einer grofsen Reihe von Einzelbeobachtungen, zwischen denen der Thermosäule Zeit zur Abkühlung gelassen wurde.

	Dauer der Exposition								
	1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	$1^1/_2$ Min.	2 Min.	3 Min.	
Ausschlag des Galvanometers	0	3,5	8	10,5	14,5	20,5	30,5	57,5	Millimeter d. Beobachtungs-Skala

Bemerkenswert ist, dafs sich der Spiegelreflex auf der Beobachtungsskala schon nach 5 Sekunden zu bewegen begann. Eine Erwärmung der der Rufsfläche der Thermosäule gegenüberliegenden Dura mater durch Leitung von der Wärme absorbierenden Haut- und Haarschichte her ist ausgeschlossen, wie experimentell durch Anlegen heifser Körper an das zu prüfende Gewebe dargetan werden konnte. Also ist dieser Anfangsausschlag in der Hauptsache durch Summation der momentan hindurchgehenden, nicht absorbierten Wärmestrahlen entstanden. Da die Diathermanität der Gewebe für dunkle Wärmestrahlen in Übereinstimmung mit den sonst in der Physik für dunkle Wärmestrahlen geltenden Gesetzen eine sehr geringe ist, wird man diese mehr oder weniger momentane Wirkung hauptsächlich den hellen Wärmestrahlen des Nernstlichts zuschreiben müssen. Durch Einschaltung einer Jodschwefelkohlenstoff-Kuvette mit dünnen Glaswänden konnte ich die Richtigkeit dieses Schlusses beweisen. Bekanntlich läfst eine Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff fast alle dunklen Wärmestrahlen durch, während die hellen absorbiert werden.

Die Ausschläge für die höheren Zeitwerte veranschaulichen die weitere Erwärmung der Thermosäule. Sie sind gleich der Summe der in jedem Momente weiterwirkenden Durchstrahlung

und der Ausstrahlung der Schädeldecke, die durch allmähliche Absorption vornehmlich der dunklen Wärmestrahlen selbst zur Wärmequelle wird.

Da das Maximum der Wärmewirkung beim Sonnenlicht im hellen Teile des Spektrums (bei gelb) im Gegensatze zu den künstlichen Lichtquellen (hier liegt das Maximum im ultrarot) liegt, so wird man also bei der Bestrahlung des Schädels mit Sonnenlicht, besonders mit tropischem, auf eine viel intensivere momentane Durchstrahlung gefaſst sein müssen.

Einzelne Gewebe.

Es fragt sich jetzt, welche Rolle die einzelnen Gewebe bei dem Vorgange der Durchstrahlung spielen. Zur Prüfung dieser Frage wurden die verschiedenen Gewebe, Haut, Fett, Muskel etc. in gleicher Weise wie die Schädeldecke untersucht, wiederum mit der 65kerzigen Nernstlampe als Wärmequelle und zwar in einem Abstand von 28 cm von der beruſsten Fläche der Thermosäule. Die Expositionsdauer war 15 Sekunden, wo eine irgend erhebliche Eigenstrahlung wohl noch nicht statthat. Um gleichmäſsig dicke Gewebsschichten herstellen zu können, wurden Glaskästchen konstruiert, deren hintere Wand sich beliebig gegen die vordere, feste verstellen lieſs. Diese Glaswände bestanden aus Spiegelglas und waren beide je 1 mm dick, so daſs der Beobachtungsfehler infolge Reflexion und Absorption am Glas bei allen Versuchen derselbe blieb.

Hier die Resultate:

Art des Gewebes	Dicke der Schichte ohne Glas	Zeitdauer der Einwirkung	Ausschlag des Galvanomet. in mm
Muskel mit Fascie	3	15	73
Fett (frisch von der Leiche)	3	15	48
Knochen (frisch abgeschliffen).	3	15	30
Gehirn (inkl. der grauen Rinde)	3	15	12
Blut (von 100 °/₀ Hämoglobin, defibriniert)	3	15	12

Blut.

Eingehender wurde das Blut auf sein Verhalten gegen Wärmestrahlen untersucht. Es war von vornherein wahrscheinlich, dafs anämisches Blut mehr diatherman als normales sein würde. Um dieser Frage experimentell näher zu treten, wurden deckfarbene Blutverdünnungen in physiologischer Kochsalzlösung auf 75%, 50% und 25% aus einem 100% Hämoglobin enhaltenden Blute hergestellt, ebenso lackfarbene in Leitungswasser, und in gleicher Weise wie die andern Gewebe untersucht. Hier die gefundenen Ausschläge und Kurven.

Deckfarbenes Blut.

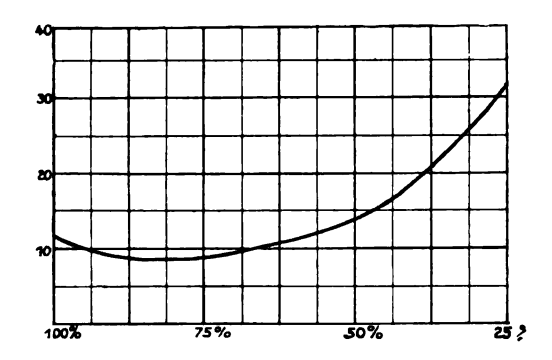
Prozentgehalt	Dicke der Schichte in mm	Zeitdauer der Einwirkg. in Sek.	Ausschlag d. Galvanometers in mm
100%	3	15	12
75%	3	15	9
50%	3	15	14
25%	3	15	32
0% = physiol. Kochsalzlösung	3	15	nicht mefsbar, da zu grofs

Lackfarbenes Blut.

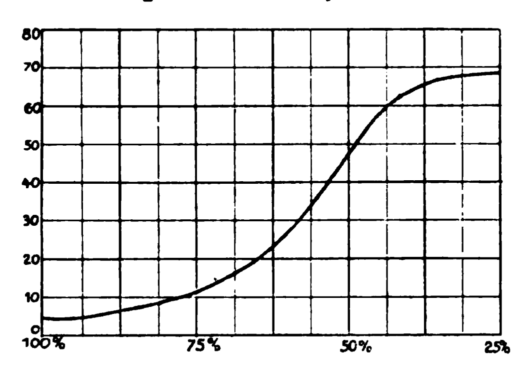
Prozentgehalt	Dicke der Schichte in mm	Zeitdauer der Einwirkg. in Sek.	Ausschlag des Galvanomet. in mm
x%	3	1	5
x · 0,75%	3	1	12
x · 0,50%	3	1	48
x · 0,25%	3	1	67
Leitungswasser ohne Blut	3	1	76

Deckfarbenes Blut.

Bestrahlung mit Nernstlicht, Abstand 28 cm.



Lackfarbenes Blut.
Bestrahlung mit Nernstlicht, Abstand 28 cm.



Diese Untersuchungen wurden oftmals wiederholt und ergaben stets Kurven von gleicher Tendenz. Danach steigt also die Diathermanität des Blutes bei höheren Graden von Anämie unverhältnismäfsig rascher als bei geringen. Die Diathermanitätswerte des klaren Blutserums, der physiologischen Kochsalzlösung und des Wassers sind gleich, so dafs man wohl Verdünnungen in physiologischer Kochsalzlösung anämischem Blute gleich setzen darf. — So erklären sich vielleicht die häufigen Verwechslungen und Kombinationen zwischen Sonnenstich und »perniciöser Malaria«, die klinisch genau dasselbe Bild bieten können. —

Von Interesse ist der regelmäfsig beobachtete Abfall der Kurve des deckfarbenen Blutes bei 75proz. Verdünnung. Diese geringere Diathermanität geht einher mit einem Hellerwerden des Rots infolge gröfserer Reflexion von auffallendem Licht. Vielleicht tritt bei nur geringem Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung eine gewisse Oberflächenschrumpfung der Blutkörperchen ein, die eine gröfsere Unebenheit der Oberfläche und deshalb bedeutendere Reflexionsfähigkeit erzeugen würde.

Muskel und Gehirn.

Besondere Beachtung verdient ferner das Verhalten der Muskeln und des Gehirns strahlender Wärme gegenüber. Das dicke Muskelpolster, welches am Nacken zu beiden Seiten der Medianlinie die Gegend der Medulla oblong. mit ihren lebenswichtigen Zentren schützt, verliert wesentlich an Bedeutung für

den Schutz gegen strahlende Wärme, wenn man bedenkt, daſs Muskel mit Fascie mehr als doppelt soviel Wärme durchläſst als eine gleich dicke Knochenschicht und 6 mal soviel als Blut. Die oberen Halswirbel aber dürften für den Wärmeschutz der Medulla oblong. kaum in Frage kommen. Aus dieser physikalischen Betrachtung erhellt die Wichtigkeit des Nackenschutzes in den Tropen.

Die geringe Diathermanität des Gehirns ist nur scheinbar zweckmäſsig. Da alle zuvor von den Wärmestrahlen passierten Schichten der Schädeldecke wärmedurchlässiger sind als Gehirn, so findet notwendig an der Grenze eine Arretierung der hellen Strahlen und also eine gröſsere Absorption statt. Die Reflexion an der grauen Rinde dürfte zu vernachlässigen sein. Daſs es einen Unterschied machen muſs, ob dieselbe Wärmemenge in einer gröſseren (helle, tiefer eindringende Wärme!) oder geringeren Dickenschichte (dunkle Wärme!) zur Absorption gelangt, liegt auf der Hand.

Einfluſs der Zirkulation.

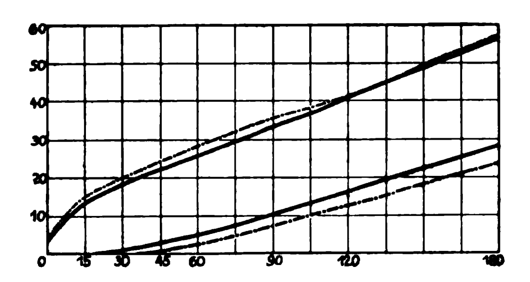
Alle bisherigen Untersuchungen wurden an frischen, aber abgestorbenen Geweben vorgenommen. Es entsteht die Frage, welchen Einfluſs das zirkulierende Blut auf diese Verhältnisse ausübt. Zum Studium dieser Frage schien das Kaninchenohr besonders geeignet, da sich dort die Zirkulation durch eine Abklemmung leicht unterbrechen läſst. Der Versuch lehrte jedoch, daſs infolge Sistierung der Zirkulation sehr rasch eine Abkühlung des Ohres eintrat, welche die Durchstrahlung bei der Beleuchtung vollkommen kompensierte. Es wurde deshalb zu einem andern Verfahren gegriffen. Eine dünnwandige breitgedrückte Glasröhre wurde, vor der 1 qcm weiten Öffnung eines Pappeschirms befestigt, mit einem hochgestellten Irrigator verbunden; am unteren Ende war für bequemen Abfluſs der Flüssigkeit gesorgt, der durch einen Quetschhahn beliebig unterbrochen werden konnte. Die Versuche wurden zuerst mit stehender, sodann mit flieſsender Flüssigkeitssäule ausgeführt, das eine Mal mit Wasser, sodann mit defibriniertem Schweineblut. Wärmequelle war wiederum unsre Nernstlampe im Abstand von 42 cm. Das Niveau der Flüssigkeit war bei Wasser 20, bei Blut 50 cm über der Ausfluſs-

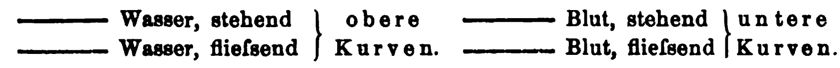
öffnung. Hier die Galvanometer-Ausschläge und zugehörigen Kurven. (S. Tabelle S. 271.)

Man sieht, dafs, wenigstens beim Blut, eine geringe Verminderung der Werte eingetreten ist. Der Fehler der Erwärmung der Glaswände liefs sich bei dieser Versuchsanordnung nicht umgehen. Es dürfte jedoch bei einem Niveauunterschiede von 50 cm zwischen Ausflufsöffnung und oberem Spiegel und der daraus resultierenden Zirkulationsgeschwindigkeit ($v = \sqrt{2g \cdot h}$) sehr gering sein. Zwischen der stehenden und fliefsenden Wassersäule ist überhaupt kein wesentlicher Unterschied vorhanden. Die Kurve stellt einfach die Summation der momentan durchgehenden Wärmemengen dar. Alle 4 Kurven sind annähernd die einer gleichförmig fortschreitenden Bewegung. — Danach sind wir berechtigt, die Fehler, welche wir begehen, wenn wir an Leichenteilen arbeiten, zu vernachlässigen.

Verwandte Flüssigkeit	Galvanometerausschläge nach							
	1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	1½ Min.	2 Min.	3 Min.
Wasser (stehend)	3,5	13	18	23	26	33	41	56
Wasser (fliefsend)	3,5	14	20	24	28	36	41	57
Blut (stehend)	0	0	1	3	5	10	16	28
Blut (fliefsend)	0	0	0	1	3	7	12	22

Durchstrahlung bei stehender und fliefsender Flüssigkeitssäule.
Wasser und Blut.





Schwarze und weifse Haut.

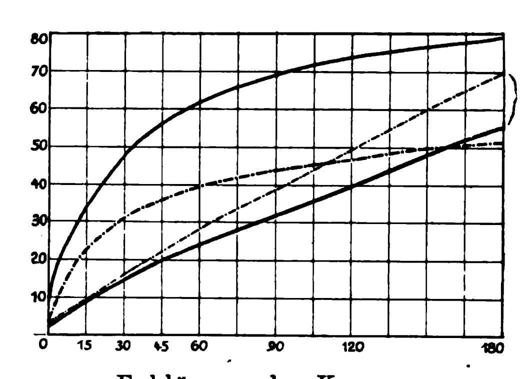
Es folgen einige Untersuchungen über das Verhalten weifser und schwarzer Haut (Negerhaut). Es wurden das eine Mal in Kaiserling

konservierte gleichdicke Stücke, das andere Mal ausgespannte, völlig (frische) von derselben Körperstelle stammende weifse und schwarze und auch getrocknete Hautportionen verglichen, die ersteren zwischen den schon früher erwähnten locker aufgelegte Glaswänden, die trockenen ohne dieselben. Die gefundenen Ausschläge sind die folgenden:

	Dicke in mm	Zeitdauer der Bestrahlung	Ausschläge d. Galvanometers
Weifse Haut (ohne Fett)	1	15	134
Schwarze Haut (ohne Fett)	1	15	65

	Dicke in mm	Galvanometer Ausschläge nach 1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	$1^1/_2$ Min.	2 Min.	3 Min.
Weifse Haut (frisch)	2,5	2,5	10	15	20	23	32	39	55
Schwarze Haut (frisch)	1,5	3	10	16	22	28	38	49	69
Weifse Haut (trocken)	1	7	33	48	56	61	69	73	79
Schwarze Haut (trocken)	1,2	4	22	31	36	39	44	46	51

Bestrahlung weifser und schwarzer Haut mit Sonnenlicht und Nernstlicht.
Abstand 50 cm.



Erklärung der Kurven.

frische weifse Haut, 2,5 mm dick } untere Kurven.
frische schwarze Haut, 1,5 mm dick

trockne weifse Haut, 1,0 mm dick } obere Kurven.
trockne schwarze Haut, 1,2 mm dick

Zum Vergleich der Diathermanität können wir nur die Werte der gleich dicken, in Kaiserling aufbewahrten Hautstücke heranziehen. Danach würde also die weifse Haut doppelt so viel Wärmestrahlen durchlassen als die schwarze (bei Nernstlicht).

In den Kurven kommt die gröfsere Absorption der schwarzen Haut unleugbar in den gröfseren Zeitwerten zum Ausdruck. Die Quotienten der 3 Minuten- und Sekundenwerte sind rund $^1/_{22}$ und $^1/_{11}$ bei der weifsen und bei der schwarzen $^1/_{23}$ und $^1/_{13}$. Die 3 Minutenwerte sind also bei der weifsen Haut das 22- und 11 fache, bei der schwarzen das 23- und 13 fache der Sekundenwerte.

Da die Dicken der beiden schwarzen Hautstücke im Verhältnis zu den weifsen sich gerade umgekehrt verhalten, ist die Möglichkeit ausgeschlossen, dafs die gröfsere Absorption hier auf Konto der gröfseren Dicke zu setzen wäre. Da gröbere anatomische Unterschiede zwischen schwarzer und weifser Haut nicht vorhanden sind, kann das verschiedene physikalische Verhalten wohl nur von der verschiedenen Farbe herrühren.

Haar.

Ferner wurden schwarzes und blondes Haar auf ihre Diathermanität hin geprüft, zuerst in einer Schichte von 1 mm, sodann in einer solchen von 3 mm, jedesmal zwischen Glaswänden von 1 mm Dicke. Hier die Befunde und Kurven:

Haarfarbe	Dicke der Schichte in mm	Zeit der Durchstrahlung	Ausschläge d. Galvanometers
Blond	1	1	16
Schwarz	1	1	10
Blond	1	15	74
Schwarz	1	15	56
Blond	3	1	4
Schwarz	3	1	4
Blond	3	15	18
Schwarz	3	15	21

Man sieht, dafs ein Unterschied in der momentanen Durchstrahlung nur in dünner Lage von 1 mm existiert. Bei einer

3 mm dicken Schichte kommt die Farbe des Haares bei den Momentanwerten nicht mehr in Frage. Die 15 Sekunden-Ausschläge zeigen in beiden Schichten die höhere Absorptionsfähigkeit des schwarzen Haares. Die Quotienten der Sekunden- und 15-Sekundenwerte sind einerseits $^{16}/_{74}$ und $^{4}/_{18}$, anderseits $^{10}/_{56}$ und $^{4}/_{21}$.

Dafs das Haupthaar einen bedeutenden Schutz gegen Wärmestrahlung bilden würde, war vorauszusehen. Für die momentane Diathermanität sind also schon bei dünnen Haarschichten die Schwarzhaarigen offenbar günstiger gestellt als die Blonden, da ein gröfserer Teil der hellen Wärme hier schon in der Oberfläche absorbiert wird. Die schlechtere Wärmeabgabe infolge eines dicken Haupthaars hat natürlich mit der Entstehung von Sonnenstich gar nichts zu tun. Für die so intensiven hellen Wärmestrahlen der Tropensonne ist also das dicke Kraushaar der Neger eine zweckmäfsige Einrichtung, ebenso wie der Turban der Araber. Wenn die Chinesen trotz des glattrasierten Vorderschädels weniger an Sonnenstich erkranken als Europäer unter gleichen Verhältnissen, so würde das einer besonderen Erklärung bedürfen. Vielleicht spielt hier die Gewöhnung eine gröfsere Rolle als physikalische Gesetze, wenn auch schon in der gelben Haut ein gewisser Schutz gegen Tiefenwirkung gewährleistet wird.

Hautstrahlung.

Es folgen hier noch eine Reihe von Untersuchungen, die über die Eigenstrahlung dunkelpigmentierter und weifser Individuen angestellt wurden. Es handelte sich darum, festzustellen, ob lebende schwarze Haut bei gleicher Körpertemperatur mehr Wärme durch Strahlung abgibt als weifse. Zu dem Zwecke wurde ein gleich grofses und gleich belegenes, von einem durchlochten Brett abgegrenztes Stück Brusthaut in gleicher Entfernung mittels Thermosäule und Galvanometer auf seine Strahlung hin untersucht. Die Thermosäule schaute mit dem offenen Sammeltrichter auf die zu prüfende Hautstelle und war mit dem durchlochten Brett fest verbunden, um den Strahlungswinkel auch bei kleinen Exkursionen des Thorax nicht zu verändern. Die Dauer jedes Strahlungsversuchs war immer 15 Sekunden.

Im ganzen wurden 5 Dunkelpigmentierte und 10 Weifse untersucht. Hier die Resultate:

I. Die 39 bei 5 Pigmentierten vorgenommenen Einzeluntersuchungen (3 Neger, 2 Laskaren) ergaben folgendes:

a) Durchschnittstemperatur der Achselhöhle

36,83° C.

b) Durchschnittsausschlag des Galvanometers (21 cm Abstand der Rufsfläche)

6,83 cm.

II. Die 36 Einzeluntersuchungen bei 10 Weifsen ergaben folgendes:

a) Durchschnittstemperatur der Achselhöhle:

37,12° C.

b) Durchschnittsausschlag des Galvanometers:

7,21 cm.

Die Quotienten wären also zwischen Körpertemperatur und Ausschlag bei:

$$\text{I. } \frac{36,83}{6,83} = \mathbf{5,392}, \text{ bei}$$

$$\text{II. } \frac{37,12}{7,21} = \mathbf{5,148}.$$

Das würde doch heifsen, dafs kein Unterschied in der Strahlungsfähigkeit dunkler und weifser Haut existiert. Es ist auch physikalisch kein Grund vorhanden, dafs bei höheren Lufttemperaturen eine Änderung dieses Verhältnisses eintreten sollte. Die Farbe hat bekanntlich bei dunkler Wärmestrahlung ebensowenig Einflufs auf die Ausstrahlung wie auf die Absorption.

Einflufs der Muskelarbeit auf die Körpertemperatur bei Schwarzen und Weifsen.

Einschalten möchte ich hier nebenbei, dafs bei einer grofsen Reihe von Untersuchungen über Erhitzung des Körpers infolge Muskelarbeit, die ich an Bord eines Ost-Afrika-Dampfers zwischen 16 Schwarzen und 16 Weifsen anstellen konnte, kein Unterschied zu Gunsten der schwarzen Rasse vorhanden war. Körperlich gleiche Individuen mufsten unter denselben Arbeitsbedingungen dieselbe Arbeit verrichten (eine gleich grofse Last eine gewisse

Anzahl mal auf die gleiche Höhe heben); ihre Temperatur wurde sofort vorher und nachher gemessen, ihre Transpiration und Ermüdung genau beobachtet. Es ergaben sich Unterschiede sogar zu Gunsten der Weifsen, so dafs man wenigstens sagen darf, dafs diese 16 Schwarzen in keiner Weise über eine bessere Wärmeregulierung verfügten als die Weifsen. Einem gleichen Mafse Arbeit kann natürlich immer nur eine gleiche Zahl neuproduzierter Kalorien entsprechen. Unterschiede in der Körperoberfläche waren bei der gleichen Körpergröfse kaum anzunehmen.

Ebensowenig ergaben sich Unterschiede zu Gunsten der Schwarzen, als ich die Leute in der Tropensonne mit Kopfbedeckung und entblöfsten Oberkörpern die gleiche Wegstrecke mit demselben Tempo zurücklegen liefs.

Wird Sonnenstich durch chemische oder thermische Strahlen veranlafst?

Es ist die Vermutung ausgesprochen worden, dafs es nicht die »Wärmestrahlen«, sondern die chemisch wirksamen ultravioletten Strahlen des Sonnenlichts seien, welche den Sonnenstich erzeugen. Dafs in der Tat eine aktinische Wirkung des Sonnenlichts und selbst noch künstlichen Lichts (Nernstlichts) durch die ganze Dicke des Schädels inklusive einer Haarschichte von mehreren Millimetern statthat, habe ich experimentell bewiesen. Es wurden photographische Platten mit einem Kreuz von Kupferblech versehen, in der Dunkelkammer unter eine Schädelkalotte gebracht, derart, dafs der Schädel in eine mit Rufs geschwärzte Paraffinmasse fest eingefügt wurde und die Platte dicht umschlofs. Daraufhin wurde die so verhüllte Platte das eine Mal dem Sonnenlicht, das andre Mal Nernstlicht (65 Kerzen-Lampe) exponiert. Die Entwicklung und Fixierung geschah in allen Fällen mit den gleichen Mitteln. (Siehe die Photogramme auf S. 277 u. 278.)

Damit aber würde die Frage, ob die aktinischen oder die thermischen Strahlen den Sonnenstich hervorrufen, noch nicht gelöst sein. Um den Einflufs dieser beiden Strahlenarten einzeln zu untersuchen, wurde das eine Mal der glattrasierte Schädel eines

Meerschweinchens in nächster Nähe einer 65kerzigen Nernstlampe, die noch relativ viel dunkle Wärme ausstrahlt, $^1/_2$ Stunde lang bestrahlt. Das andre Mal benutzte ich im Finsen-Institut



Fig. 4.
Photogramm bei Sonnenlicht (Dezember).
(Schädelkalotte mit Glatze.)
Expos. 10 Minuten.



Fig. 5.
Bei Nernstlicht (32 Kerzen). Abst. 20 cm.
Expos. 10 Minuten.
(Schädelkalotte mit Glatze.)

des Herrn Dr. Hahn hier lediglich ultraviolette und helle Strahlen. Dieselben kamen von einer starken, mit 16 Ampère und 220 Volt gespeisten Bogenlampe und wurden von einem Quarzlinsensystem

gesammelt. Die dunklen Wärmestrahlen dieser aufserordentlich kräftigen Lichtquelle waren durch eine in das Quarzlinsensystem



Fig. 6.
Bei 3 Stearinkerzen. Abst. 20 cm.
Expos. 10 Minuten.
(Schädelkalotte mit Glatze.)



Fig. 7.
Bei Sonnenlicht (Januar).
Expos. 1/2 Stunde.
(Schädelkalotte mit 4 mm langen, dunkelblonden Haaren.)

eingeschaltete Wasserkühlvorrichtung völlig ausgeschaltet. — Die einzige Wirkung einer 1/2stündigen Bestrahlung mit diesem stark

aktinischen Lichte war eine Rötung der bestrahlten Hautstelle, die in einigen Tagen wieder verschwand. Das Tier blieb munter und frafs wie zuvor. — Im andern Falle, wo die dunklen Wärmestrahlen einer schwächeren Lichtquelle verwendet wurden, war das Tier tagelang krank, fresunlustig, safs bewegungslos in einer Ecke des Käfigs. Die bestrahlte Hautpartie wurde allmählich bis auf den Knochen nekrotisch und mumifiziert. Das Tier ist bald darauf eingegangen.

Der Umstand, dafs bei dem 1. Versuche mit konzentriertem aktinischen Lichte (Quarzlinsen lassen bekanntlich alle ultravioletten Strahlen hindurch) und bei der geringen Dicke des Meerschweinchenschädels eine deutliche Tiefenwirkung ausgeblieben ist, während sie bei dem andern Versuche mit einer schwächeren Lichtquelle wohl vorhanden war, stützt die Ansicht von der wesentlichen Wirksamkeit der aktinischen Strahlen keineswegs. Vor allem ist hier zu berücksichtigen, dafs das Maximum der Wärmewirkung des Sonnenlichts im hellen Teile des Spektrums bei gelb liegt, so dafs man gar nicht nötig hat, auf eine rein aktinische Wirkung beim Sonnenstich zu rekurrieren. Der englische Tropenarzt A. Duncan leitete seinen Schlufs auf die wesentliche Funktion der chemisch wirksamen Strahlen beim Sonnenstich von der Erfahrung her, dafs bei Hochöfen beschäftigte Arbeiter selten von den schädlichen Folgen der dort sehr bedeutenden dunklen Wärmestrahlung leiden.[1]) Die letztere Beobachtung findet schon genügende Erklärung in der physikalischen Tatsache, dafs dunkle Wärmestrahlen viel weniger in die Tiefe eindringen als die hellen; eine Kerzenflamme übt z. B. eine viel gröfsere Wirkung durch Haut auf die Thermosäule aus als eine auf einige 100 Grad erhitzte, berufste Kupferplatte in derselben Entfernung. In der Hauptsache kommt bei Hochöfen ja tatsächlich nur intensive dunkle Wärme in Betracht.

Um unsere Frage definitiv entscheiden zu können, wären unsere Tierversuche noch mit dem chemisch sehr wirksamen Eisen-Elektrodenlicht und vor allem mit dem Licht der Tropensonne

1) Dunkan, Prophylaxis of Sunstroke. Journal of Tropical Medicine, Nr. 20, 15. Okt. 1902.

zu wiederholen. Vermutlich ist es lediglich die helle, in die Tiefe eindringende Wärme des Sonnenlichts, welches bei gewissen disponierten Individuen schon in einem geringen Schwellenwerte schädlich auf die graue Rinde wirkt. Eine solche Disposition könnte z. B. bestehen in geringer Dicke des Schädeldachs, Kahlköpfigkeit, in vorausgegangenen Exzessen irgend welcher Art, Anämie etc. Die Pigmentbildung der Haut, die nach Einwirkung intensiver Sonnenstrahlen auftritt und vornehmlich der Effekt der rein chemischen Strahlen sein soll, ist eine reine Oberflächenwirkung und hat mit einer Tiefenwirkung nichts zu tun.

Kopfbedeckungen und Tropenstoffe.[1])

Es lag nahe, im Anschlufs an diese Untersuchungen einmal die in den Tropen verwendeten Kopfbedeckungen und Kleiderstoffe auf ihre Diathermanität hin zu prüfen. Es ist bekannt, dafs man auch bedeckten Hauptes Sonnenstich in den Tropen erleiden kann, wenn die Kopfbedeckung ungeeignet war, also mufs eine Durchstrahlung derselben stattfinden. Denn die dunkle Wärmestrahlung und die Wärmeleitung, welche z. B. von einer dünnen weifsen Mütze ausgehen, dürften wohl kaum in Frage kommen. Es ist hier zweierlei auseinander zu halten. Einmal die reine Diathermanität durch im Stoff enthaltene Lücken, die natürlich in gleicher Weise für dunkle und helle Wärmestrahlen gilt, sodann die Diathermanität durch die Substanz des Stoffes mit einer gewissen Brechung der Strahlen. Vermindernd wirken offenbar die Absorption, Reflexion und Dipersion der Strahlen. Welche Rolle die Interferenz- und Beugungserscheinungen beim Durchgang der hellen und dunklen Strahlen durch den kompliziert strukturierten Stoff spielen, ist nicht näher bekannt. Jedenfalls gibt der Ausschlag des in den Stromkreis der Thermosäule eingeschalteten Galvanometers bei Exposition während kurzer Zeitmomente die Menge der durchgelassenen Wärme an. Dauert die Exposition länger, so wird sich einmal in den Ausschlägen

1) Die letzteren wurden mir in dankenswerter Weise von der Firma v. Tippelskirch & Co., Berlin, zur Verfügung gestellt und nach dem Kataloge der Firma numeriert.

die Totalerwärmung der Thermosäule bemerkbar machen, so dafs die Werte hinter den zu erwartenden um ein Weniges zurückbleiben (die Thermosäule wird weniger empfindlich). Ferner mufs bei längerer Durchstrahlung auch die (dunkle) Eigenstrahlung des Stoffes infolge der Wärmeabsorption zur Geltung kommen, und dies besonders bei dunklen, stark absorbierenden Stoffen.

Will man also die Werte der Ausschläge bei Einschaltung eines Stoffes in den verschiedenen Zeiten zu einer Kurve zusammentragen, so mufs man sich erinnern, dafs diese Kurve im ganzen die allmähliche Summation der in der ersten Zeiteinheit von der Rufsfläche der Thermosäule absorbierten Wärmemenge darstellt. Je kleiner dieser Sekundenwert ist, desto mehr wird sich die Kurve der Geraden nähern, wohlgemerkt ohne die Eigenstrahlung des Stoffes.

Je gröfser dieser Sekundenwert, desto rascher wird die Totalerwärmung der Thermosäule zur Geltung kommen.

Man kann also sagen, dafs die momentan durch einen Stoff bei einer gewissen Fläche hindurchgehende Wärmemenge gleich sein wird derjenigen, welche durch ein Loch von gewisser Lichtweite hindurchgeht. Nach einer gewissen Zeit werden die den einzelnen Momentwerten entsprechenden Kurven alle annähernd parallel. Und selbst wenn die dunkle Eigenstrahlung eines Stoffes noch hinzutritt, so wird nach Erreichung des Maximums dieser Eigenstrahlung eine annähernde Parallelität der Kurven stattfinden, so dafs schliefslich der einzige Unterschied noch in der Höhenlage der Kurven im Ordinatensystem besteht.

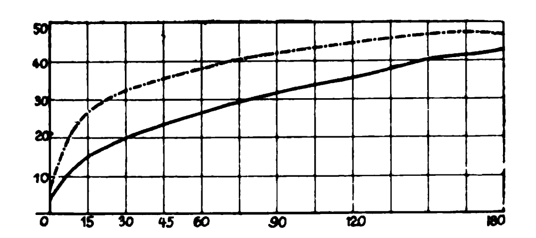
Je bedeutender die Licht- und Wärmequelle ist, desto später wird sich diese Parallelität einstellen, einmal, weil bei gröfseren Wärmezuschüssen die Eigenerwärmung der Thermosäule mehr in Frage kommt als bei kleinen, sodann weil die Einflüsse der Absorption durch die Farbe zur Geltung kommen. Es ist klar, dafs bei Sonnenlicht, wo das Maximum der Wärmewirkung im hellen Spektrum liegt, wie schon erwähnt, die Absorption durch die Farbe mehr ins Gewicht fällt als bei irgend einem künstlichen Licht, wo die helle Wärme nur einen Bruchteil der dunklen beträgt.

Im nachfolgenden findet man zunächst einige Kurven, welche die Summation der Momentwerte ohne Einschaltung von Stoff unter Benutzung eines Loches von gewisser Lichtweite darstellen und zwar zuerst bei Sonnenlicht, sodann bei Nernstlicht. Darauf folgen die Kurven, welche durch Zwischenschaltung verschiedener Kopfbedeckungen erzielt wurden, und schliefslich die einer Reihe der gebräuchlichsten Tropenstoffe. Bei den letzteren wurden gleichzeitig die in Betracht kommenden Werte der Dicke, der Art des Stoffes und vor allem der Permeabilität für Luft beigegeben. Das Verfahren zur Bestimmung der Permeabilität für Luft, welches eingeschlagen wurde, folgt in einem andern Kapitel.

Versuche mit Sonnenlicht (d. 9. III. 03; 1½ p. m.).

Lichtweite in qmm	Ausschläge des Galvanometers nach							
	1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	1½ Min.	2 Min.	3 Min.
1,5	3,5	15	20	23	26	31	35	43
2	6	26	31	35	37	41	44	46

Bestrahlung der Thermosäule mit Sonnenlicht (9. III. 03; 1½ p. m.) **bei zwei verschieden weiten Öffnungen.**[1])



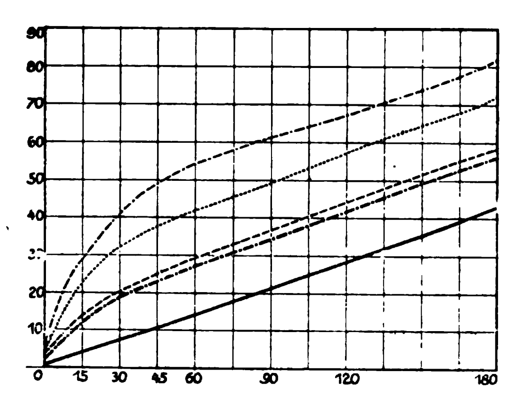
Erklärung der Kurven:
——— Öffnung im Schirme 1,5 qmm,
——— Öffnung im Schirme 2,0 qmm.

1) Die Öffnungen im Schirme wurden reguliert durch Vorschaltung der Stellvorrichtung aus dem Ehrlichschen Zähl-Okular.

Versuche mit Nernstlicht (65 kerz.), Abstand 42 cm.

Lichtweite in qmm	Ausschläge des Galvanometers nach							
	1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	$1^1/_2$ Min.	2 Min.	3 Min.
1,5	1	5	7	11	14	21	28	43
2,5	2	12	19	23	27	34	41	56
3,0	3	14	20	24	29	37	44	58
3,5	4	22	32	37	42	49	57	71
4,0	5	29	41	49	53	61	67	81

Bestrahlung der Thermosäule mit Nernstlicht bei verschieden weiten Öffnungen. Abstand 42 cm.



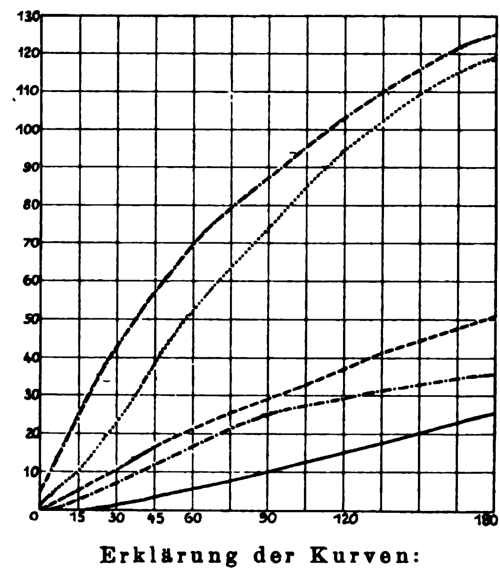
Erklärung der Kurven:

——— Öffnung im Schirme 1,5 qmm
——— » » » 2,5 »
——— » » » 3,0 »
——— » » » 3,5 »
——— » » » 4,0 »

Kopfbedeckungen. Nernstlicht 65 kerz. Abstand 42 cm.

Art der Kopfbedeckung	Ausschläge des Galvanometers nach							
	1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	$1^1/_2$ Min.	2 Min.	3 Min.
Weifse Mütze ohne Futter	5	24	42	55	69	86	103	125
Strohhut	2	10	23	38	53	74	95	120
Weifse Mütze mit Futter .	0	5	11	16	21	29	37	51
Blaue Mütze mit Futter .	0	2	7	11	16	25	29	36
Tropenhelm (pith hat) .	0	0	1	3	5	10	15	27
Fliefspapier (weifs) . . .	5	29	49	64	79	104	112	147

Kopfbedeckungen. Bestrahlung mit Nernstlicht. Abstand 42 cm.



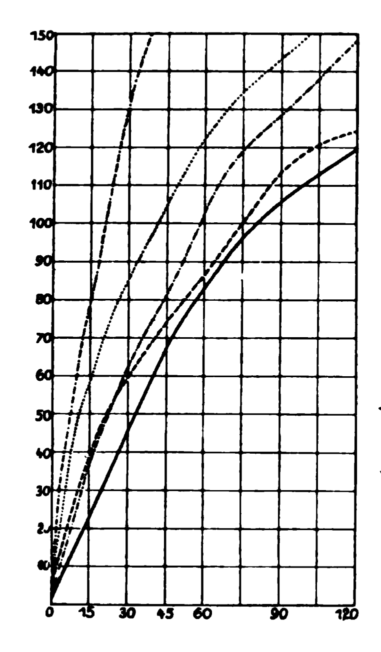
Erklärung der Kurven:

——— Tropenhelm,
——— blaue Mütze,
——— weifse Mütze mit Futter,
——— Strohhut,
——— weifse Mütze ohne Futter.

Tropenstoffe bei Sonnenlicht (15. II. 03; 1h p. m.).

Art des Stoffes und Nummer	Dicke in mm	Permeabilität für Luft, Flanell = 100		Galvanometerausschläge nach 1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	1½ Min.	2 Min.
Weifser Flanell Nr. 1	0,75	100	Wolle	6	56	84	104	122	143	—
Schwarzer Lüster Nr. 21	0,50	133	Halbwolle	7	79	134	172	nicht mehr zu messen		
Weifser Köper Nr. 22	0,50	16	Baumwolle	4,5	37	59	74	84	114	124
Kaki (gelb) Nr. 25	0,75	14	»	3,5	35	62	78	105	127	147
Drell (grau) Nr. 30	0,60	18	Leinen	2,0	23	45	67	82	105	120

Bestrahlung mit Sonnenlicht (15. II. 03; 1h p. m.).

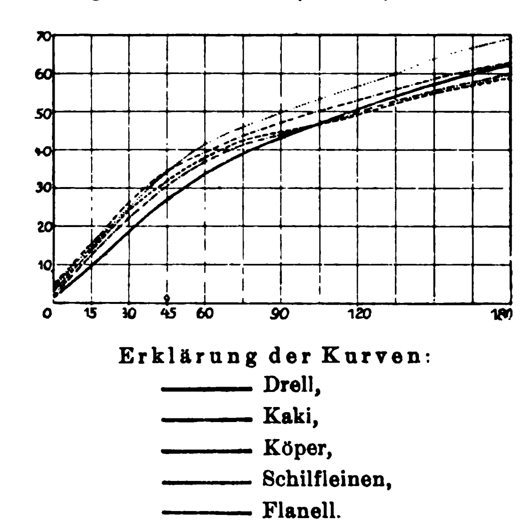


Erklärung der Kurven:
——— Drell,
——— Kaki,
——— Köper,
——— Flanell,
——— Lüster.

Tropenstoffe bei Nernstlicht (65 kerz.), Abstand 42 cm, 25 qcm.

Art des Stoffes und Nummer	Dicke in mm	Permeabilität für Luft, Flanell = 100		Galvanometerausschläge nach							
				1 Sek.	15 Sek.	30 Sek.	45 Sek.	60 Sek.	1½ Min.	2 Min.	3 Min.
Weifser Flanell Nr. 1	0,75	100	Wolle	2,5	14	26	34	39	47	53	62
Schwarzer Flanell Nr. 7	0,80	100	»	2,0	12	23	32	38	46	53	64
Schwarzer Lüster Nr. 21	0,50	133	Halbwolle	5,0	33	48	62	69	72	77	86
Weifser Köper Nr. 22	0,50	16	Baumwolle	2,0	13	24	31	37	45	50	59
Kaki (gelb) Nr. 25	0,75	14	»	1,5	12	22	31	36	44	50	60
Drell (grau) Nr. 30	0,60	18	Leinen	1,0	9	19	27	34	43	51	62
Weifser Battist Nr. 33	0,25	80	Baumwolle	6,0	38	55	64	71	80	86	96
Bastseide Nr. 32	0,25	200	Seide	12,0	78	118	133	nicht mehr zu messen			
Schilfleinen Nr. 28	0,50	57	Baumw mit Leinen	2,0	14	24	34	41	50	57	69

Bestrahlung mit Nernstlicht (65 kerz.), Abstand 42 cm.



Schlufsfolgerungen.

Man sieht, dafs diese Befunde ungefähr der täglichen Erfahrung entsprechen. Als bestes Schutzmittel gegen Wärmestrahlung ergibt sich der Tropenhelm mit den Werten 0 bei 1 und 15 Sekunden und 27 bei 3 Minuten, d. h. also, die Diathermanität ist gleich 0 und die Wärmeabsorption bezw. Eigenstrahlung sehr gering. Diesem Ergebnis nahe kommen gefütterte blaue Mützen, deren Ventilationsfähigkeit allerdings eine viel geringere ist als die eines modernen Tropenhelms. Von Interesse ist, dafs ein Strohhut mittlerer Qualität immer noch besser ist als eine nicht gefütterte weifse Mütze, wie sie so häufig von den Besatzungen der Tropenschiffe unserer Handelsmarine getragen werden.

Von den Tropenstoffen ist praktisch das Verhältnis zwischen Drell, Kaki, Köper, Schilfleinen und Flanell von ganz besonderer Wichtigkeit. Man sieht, dafs Drell von den ersteren die geringste Diathermanität hat, wenn auch eine mäfsig höhere Absorption. Auch in Bezug auf die Permeabilität für Luft ist er, wenigstens gegenüber Köper und Kaki, mit dem Werte 0,18 noch am besten gestellt. Mit Rücksicht darauf jedoch, dafs bei

der Kleidung die Permeabilität für Luft eine viel wichtigere Rolle spielt als die Diathermanität, können diese 3, Köper, Kaki und Drell, gegenüber Flanell und Schilfleinen nicht stand halten. Schilfleinen nimmt eine vermittelnde Stellung ein zwischen Flanell und jenen 3 in der Praxis so viel verwendeten Stoffen, und erscheint deshalb ganz besonders für die Tropen geeignet.

Für Sonnenlicht erweist sich Kaki in den höheren Werten ungünstiger als Köper und Drell, da hierbei die Farbe ins Gewicht fällt.

Zu einem endgültigen Urteile über den praktischen Wert der Stoffe wären natürlich noch verschiedene Dicken bei den Versuchen zu berücksichtigen.

Verfahren zur Bestimmung der relativen Permeabilität für Luft.

(Siehe Figur 3 Seite 264.)

Saugt man gleiche Mengen Luft in der gleichen Zeit durch dieselbe Fläche verschiedener Stoffe hindurch, so werden die negativen Drucke unterhalb des Stoffes proportional den Widerständen der Stoffe wachsen. Diese Versuchsbedingungen lassen sich in einfacher Weise mit der Mariotteschen Flasche erfüllen. Bekanntlich ist die Ausflufsgeschwindigkeit an der Abflufsmündung der Flasche, unabhängig vom spezifischen Gewicht, immer proportional dem Niveauunterschiede der Mündung des Zuführungsrohres und Abflufsrohres,

$$v = \sqrt{2\,g \cdot s},$$

wobei s die Höhe der Wassersäule bedeutet.

So lange also Zuführungs- und Abführungsrohr gleich lang und dick sind und gleich hoch eingestellt bleiben, wird man beim Fliefsen eine immer gleiche Aspirationswirkung in dem Zuführungsrohr erzielen. Voraussetzung ist, vor allem für niedere Wassersäulen, dafs die Temperatur des Wassers möglichst dieselbe ist wie die der Luft. Um die durchgesogene Menge Luft bei verschiedenen Stoffen möglichst gleich grofs zu erhalten, wird man gut tun, die aspirierende Wassersäule im Verhältnis zu dem Widerstande des Stoffes möglichst grofs zu machen, ferner das Zuführungsrohr an der Stelle der Einschaltung des Stoffes tunlichst zu erweitern. Die sodann sehr geringen Druckunterschiede unter-

halb des Stoffes kann man mit dem Recknagelschen Differential-Manometer unter Anwendung eines geringen Elevationswinkels der Manometerröhre und von Petroleum leicht bestimmen. Die den Ausschlägen der Petroleumsäule entsprechenden senkrechten Druckhöhen sind die Produkte aus dem Werte des Ausschlags und dem Sinus des Elevationswinkels. Die Permeabilität für Luft ist den gefundenen Druckhöhen umgekehrt proportional. Auf diese Weise ergeben sich unter Anwendung eines Elevationswinkels von 5° (sin 5° = 0,0872), bei einer Stoffläche von 25 qcm und bei einer Luftmenge von 380 ccm (pro Minute durchgesogen) die in der Tabelle eingetragenen Werte auf Flanell (= 100) bezogen. Die unterhalb des Stoffes gemessenen negativen Drucke schwankten zwischen 0,09 mm (senkrechte Petroleumsäule) bei Bastseide und 1,26 mm bei Kaki. Das entspricht ungefähr den Druckunterschieden, welche infolge der Atmung und der Bewegung der Gliedmafsen am Körper entstehen. Nocht hat zuerst auf die Wichtigkeit der Verwendung kleiner Druckwerte hingewiesen gegenüber Pettenkofer und Hiller, die mit Überdrucken arbeiteten, welche unter den natürlichen Verhältnissen nie eintreten. Es hatte sich nämlich bei den Nachprüfungen ergeben, dafs bei höheren Drucken unverhältnismäfsig viel gröfsere Mengen Luft durchgesogen werden.[1]) So nähern sich denn auch unsere Befunde denen von Nocht, der eine Durchgängigkeit von 10 l Luft bei Leinwand gegenüber 100 l pro Minute bei Flanell feststellte bei einem Überdrucke von ca. 1 mm Petroleumsäule.

Kurze Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchungen waren also kurz folgende:

I. Die Schädeldecke ist in ihrer gesamten Dicke inklusive einer dünnen Haarschicht durchgängig sowohl für thermische als auch für aktinische Strahlen. Der Einflufs der Zirkulation ist dabei zu vernachlässigen.

---

1) Siehe Nocht, »Vergleichende Untersuchungen über verschiedene, zu Unterkleidern verwandte Stoffe«. Zeitschr. f. Hygiene, 5. Bd., 1888.

II. Die Gehirnsubstanz ist weniger diatherman als die übrigen Gewebe, welche ein Strahlenbündel vorher passiert. Dadurch wird eine Wirkung gerade auf die Gehirnrinde durch stärkere Absorption befördert.

III. Hochgradig anämisches Blut ist unverhältnismäfsig viel mehr diatherman als solches von geringerer Anämie. Stark Anämische (Malariapatienten) würden also besonders zu Sonnenstich disponiert sein.

IV. Es ist wenig wahrscheinlich, dafs die aktinischen ultravioletten Strahlen den Sonnenstich hervorrufen. Wahrscheinlich sind es die hellen in die Tiefe eindringenden Wärmestrahlen des Sonnenlichts.

V. Die Diathermanität der weifsen Haut beträgt ungefähr das Doppelte von der der schwarzen. Die letztere absorbiert mehr Wärme als die weifse.

VI. Die dunkle Wärmestrahlung der schwarzen Haut ist bei gleicher Körpertemperatur dieselbe wie bei der weifsen.

VII. Durch Strohhüte und nicht gefütterte weifse Tropenmützen findet eine sehr erhebliche Durchstrahlung statt. Der beste Schutz gegen Durchstrahlung ist unter allen Umständen der Tropenhelm.

VIII. Welchem von den gebräuchlichsten Tropenstoffen (Drell, Kaki, Köper, Flanell, Schilfleinen) in der Praxis hygienisch der Vorzug zu geben ist, wäre erst durch eine gröfsere Reihe von Paralleluntersuchungen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Dickenverhältnisse zu entscheiden.

Am Schlusse dieser Arbeit drängt es mich, meinem hochverehrten Chef, Herrn Physikus Dr. Nocht, für die stete Förderung meiner Studien durch wertvolle Ratschläge und durch gütige Bewilligung aller nötigen Hilfsmittel meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. – Auch den Herren Kollegen am Institute danke ich bestens für die mir bei den Untersuchungen gewährte Unterstützung, vor allem Herrn Marine-Oberassistenzarzt Dr. Stephan, zur Zeit zum Institut kommandiert, für die grofsen Opfer an Zeit

und Mühe, die er mir durch die sorgfältigen Beobachtungen des Galvanometers während der Versuche gebracht hat. Er hat einen grofsen Anteil an der erfolgreichen Durchführung der zum Teil recht schwierigen und umständlichen experimentellen Untersuchungen.

Mein Dank gebührt auch Herrn Prof. Dr. Voller, Direktor des Hamburger physikalischen Staatslaboratoriums, der mir die Arbeitsräume und Instrumente des Instituts in liebenswürdigster Weise zur Verfügung stellte, sowie seinem I. Assistenten, Herrn Prof Dr. Classen, für die öftere Beratung bei den rein physikalischen Fragen der Arbeit.

Über desinfizierende Wandanstriche.*)

Von

Dr. phil. **R. Rapp.**

(Aus dem Laboratorium der städt. Krankenhausapotheke München r. d. I.)

In der Apotheker-Zeitung Nr. 86, 1901, habe ich über Untersuchungen berichtet, die ich, der freundlichen Aufforderung von Verwaltung und Bauführung des städtischen Krankenhauses München r. I. Folge leistend, über den Desinfektionswert von Emaillefarben angestellt habe. Da nun von einer Seite[1]) aus diese Resultate angezweifelt worden sind, sah ich mich veranlafst, die Untersuchungen von neuem aufzunehmen und die fraglichen Emaillefarben in genannter Richtung einer genauen Prüfung zu unterziehen.

Die über dieses Thema bereits veröffentlichten Arbeiten sind schon öfters und auch neuerdings von Lydia Rabinowitsch[2]) aufgezählt worden. Die einen Autoren, Bosco, Rabinowitsch und Verfasser ziehen es vor, mit Rücksicht auf die vielen hierbei in Betracht kommenden schwierigen Punkte, den Desinfektionswert der Anstrichfarben untereinander ganz allgemein, ohne Zuhilfenahme von Zahlen zu vergleichen, während andere, wie Deycke, Heimes und Jacobitz den Desinfektionswert

*) Zugleich als Erwiderung auf die Ausführungen von Herrn Stabsarzt Jacobitz in Nr. 5 (1902) der Hygienischen Rundschau.

1) Hygienische Rundschau, XII. Jahrgang, 1902, Nr. 5, S. 216.

2) Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 40, S. 529.

der geprüften Anstriche in Zahlen ausdrückten. Letzteres Vorgehen setzt aber notwendig ein quantitatives Arbeiten voraus, was bei den Untersuchungen der eben genannten Forscher keineswegs der Fall war. Wenn wir einen in Wasser löslichen chemischen Stoff haben, so können wir hiermit den Desinfektionswert, besonders nach den neueren Angaben von Kroenig und Paul sehr genau ermitteln; schwieriger gestaltet sich bekanntlich diese Aufgabe schon mit in Wasser unlöslichen chemischen Stoffen; und noch schwieriger ist diese Frage zu lösen, wenn wir, wie hier bei den Emaillefarben, keinen einheitlichen Körper, sondern eine Mischung von solchen in Händen haben, die uns ihrer Zusammensetzung nach nicht einmal genau bekannt ist.

Dafs aber mit Emaillefarben doch ein genaueres quantitatives — es soll nicht behauptet werden »exaktes« — Arbeiten möglich ist und dafs auf Grund derartiger Untersuchungen ein Zahlenvergleich eher zulässig sein kann, soll im folgenden gezeigt werden.

Die wichtigsten Punkte für ein quantitatives Arbeiten bei Desinfektionsversuchen mit Emaillefarben sind kurz aufgezählt: 1. Ein gleiches Quantum Farbe; 2. eine gleiche Menge Kulturflüssigkeit zur Infizierung; 3. eine gleichmäfsige Verteilung der Kulturflüssigkeit; 4. eine einwandsfreie Prüfung auf die noch lebensfähigen Keime. Unter Berücksichtigung dieser Punkte wurde nun in folgender Weise verfahren:

Um für jeden Versuch das gleiche Quantum Farbe zu erhalten, wurde die betreffende Emaillefarbe in ein Trichterchen gegeben, dessen Hals durch einen kleinen Schlauch mit einem in eine Spitze auslaufenden Glasröhrchen verbunden war. Aus der Öffnung des Glasröhrchens drangen gleichgrofse Tröpfchen Farbe hervor, deren Gewicht mittels der analytischen Wage öfters kontrolliert wurde. Dasselbe betrug 12 mg.[1]) Ein solches Tröpfchen Farbe wurde auf einem Deckgläschen von

1) Je nach dem Viscositätsgrade der Farbe mufste die Öffnung des Röhrchens enger oder weiter gemacht werden, um für die beiden zu untersuchenden Farben dasselbe Gewicht (12 mg) zu erhalten, welche einmalige Arbeit allerdings etwas mühevoll ist.

12 qmm, das zuerst durch die Flamme gezogen (also steril war) aufgefangen und dann nach Art der Klatschpräparate mit einem zweiten sterilen Deckgläschen gleichmäfsig verteilt, wodurch also mit einem Tröpfchen Farbe zwei Präparate erhalten wurden. Eine öftere Kontrolle auf der analytischen Wage ergab immer die gleiche Menge Farbe (also die Hälfte von 12 mg = 6 mg) auf jedem der beiden Deckgläschen. Es bedarf zur Ausführung dieser Arbeit nur einiger Übung und Geschicklichkeit. Natürlich darf das Farbtröpfchen unter keinen Umständen so grofs sein, dafs die Farbe über den Rand des Gläschens fliefst.

Die nun so präparierten Deckgläschen kamen in besonders zu diesem Zwecke ausgesuchte, ganz flache Petrischalen und diese wurden wieder auf eine genau horizontal eingestellte Fläche gestellt. Nach kürzerem oder längerem Trocknen (die Zeit ist in den einzelnen Versuchen angegeben) wurden die Farbenaufstriche auf den Deckgläschen mit je einer kleinen Öse voll Bouillonkultur von Staphylococcus pyogenes aureus bestrichen. Auch hier kam also nach bakteriologischen Begriffen ein gleiches Quantum Kulturflüssigkeit zur Infizierung. Die Staphylokokkenbouillonkultur wurde, um sie von Bakterienklümpchen etc. zu befreien und die Resultate dadurch nicht zu beeinträchtigen, filtriert.

Ich habe schon bei meiner ersten Arbeit über dieses Thema bemerkt, dafs einzelne Farben, speziell die Farben Pef. 2098 und Pef. 2097 von der Firma Rosenzweig & Baumann-Kassel und die sog. Zoncafarbe 101 von der Firma Zonca & Cie. in Kitzingen die Bakterienkulturen nicht gleichmäfsig annehmen, und dafs die Kulturflüssigkeit zusammenfliefst. Wenn man nun weifs, dafs bei genannten Farben Leinöl oder richtiger Leinölfirnis als Bindemittel benutzt wird, so kann ein solches Verhalten gewifs nicht wundernehmen. Jacobitz scheint dieses Verhalten jedoch auffallend gewesen zu sein, denn er berichtet meinen Beobachtungen gegenüber, dafs es ihm stets gelungen ist, die Bacillenkulturen auf den gestrichenen Platten gleichmäfsig zu verteilen. Ich habe nun auf diese Angaben hin seit 6 Monaten vielfach wiederholt auf alle möglichen, mit Farbe Pef. 2098 und Zonca 101 bestrichenen Platten (Holz, Stein, Glasplatten) Kulturen

aufgepinselt; ferner habe ich nach meiner Methode über 300 mit Farbe bedeckte Deckgläschen infiziert, und immer ist mir die Tatsache aufgefallen, dafs die Farben Pef. 2098 und Zonca 101 die Kulturflüssigkeit schlecht annehmen und letztere zusammenfliefst. Ich mufs daher nach einem so grofsen Material der Beobachtungen solange behaupten, dafs dieses Zusammenfliefsen der Kulturen Jacobitz bei seinen Versuchen entgangen ist, bis er mir den Beweis erbracht hat, dafs diese Erscheinung unter den von mir beobachteten Bedingungen nicht eintritt.[1]) Zugleich aber sei bemerkt, dafs dieses Verhalten nicht sofort nach dem Befeuchten, sondern erst im Verlaufe von einigen Minuten eintritt, und dafs während der Augenscheinnahme die bestrichene Fläche bei schräg auffallendem Lichte und in Augenhöhe betrachtet werden mufs, wenn der Beobachtende ein sicheres Urteil hierüber erhalten will. Übrigens läfst sich dieser Fehler etwas beheben, wenn man Stärkekleister, Gummiarabicumlösung oder Traganthschleim der Kulturflüssigkeit beimischt. Nicht geeignet zu diesem Zwecke sind Gelatine- und Agarlösung.

Die, wie oben erwähnt, zuerst mit Farbe behandelten und dann infizierten Deckgläschen wurden in gewissen Zeitabschnitten aus den Petrischalen steril entnommen, und auf die infizierte Stelle eine Öse voll steriler Bouillon gebracht. Dann wurde mit einem kleinen, sterilen Wattekügelchen die Oberfläche gründlich abgewischt und das Wattekügelchen in ein und das Deckgläschen in ein zweites Röhrchen steriler Bouillon gegeben. Hiermit war der Einwand, den mit Recht Rabinowitsch erhebt, dafs Farbmaterial mit in die Nährlösung übertragen, die Resultate dadurch beeinflufst werden könnten, wenigstens für die Röhrchen mit Wattekügelchen ausgeschaltet. Nach erfolgtem Wachstum bei 37° C. wurde die Bouillon noch weiter durch Übertragen auf Agar oder mikroskopisch auf Staphylococc. pyogen. aureus untersucht. Es würde zu weit führen, wenn ich auf Kleinigkeiten bei

1) Betreffs Echtheit der Farbe sei erwähnt, dafs die zu den Versuchen verwendete Farbe Pef. 2098b weifs, mit Auftrag Nr. 9624b bezeichnet, durch D. von der Firma Rosenzweig & Baumann Cassel, in 1 Kilo-Büchse gefüllt war.

der Versuchsanordnung eingehen wollte. Dieselben verstehen sich ja für einen genauen Arbeiter von selbst. Ich gestehe offen, dafs der soeben beschriebenen Versuchsanordnung im Sinne von B. König und Th. Paul[1]) vielleicht noch manche Mängel anhaften mögen, und dafs dieselbe noch nicht als exakt bezeichnet werden kann; aber das Eine kann ich behaupten, dafs sie quantitativ ausgearbeitet ist und deshalb ein Zahlenvergleich eher, als nach der Versuchsanordnung von Jacobitz zulässig ist, auf die ich hier näher eingehen mufs.

Von Jacobitz wurden die einzelnen Farben[2]) auf 53,29 qcm grofse Ton- oder auch etwa ebenso grofse Eichenholzplatten in möglichst gleichmäfsig dicker Schicht aufgestrichen. Dazu erlaube ich mir zu bemerken: Diese Methode des Bestreichens mittels Pinsels entbehrt jeder Genauigkeit und kann sicher nicht als eine quantitative Methode bezeichnet werden. Es kann für den Desinfektionserfolg doch nicht gleichgültig sein, ob eine Farbschicht von 1 oder 2 mm Dicke oder — in Gewicht ausgedrückt — aufgetragene Farbe von 0,1 oder von 0,5 g auf dasselbe Quantum von Kulturflüssigkeit einzuwirken hat.

Die bestrichenen Platten trocknete Jacobitz in grofsen Glasdoppelschalen zunächst 4 bis 6 Tage. Jacobitz bemängelt die Art der Aufbewahrung in meinen ersten Versuchen. Da mir seinerzeit zu meinen bedeutend gröfseren Platten von 450 bis 600 qcm keine passenden Schalen zur Verfügung standen, lehnte ich diese (selbstverständlich) mit der bestrichenen und infizierten Seite schief gegen eine senkrechte Wand in einem wenig betretenen Zimmer. Ich wollte damit bezwecken, erstens die Anstriche vor dem direkten Lichteinflusse zu schützen; zweitens sollten sie dadurch vor den Staubteilchen der Zimmerluft bewahrt bleiben und drittens konnte auf diese Weise ein unumschränkter Luftzutritt an der Oberfläche der Farbenanstriche erfolgen. Gerade damit aber war den in der Praxis sich abspielenden Verhältnissen mehr Rechnung getragen als durch

1) Vergl. Th. Paul, Entwurf zur einheitlichen Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel. Berlin, 1901.

2) Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 37, S. 75.

eine Versuchsanordnung, wie die von Jacobitz, welche einerseits den Luftwechsel beschränkt, anderseits den sich vielleicht bildenden flüchtigen Produkten Gelegenheit gibt, in einem kleineren abgesperrten Raume (in einer Schale) mehr zur Einwirkung zu kommen. Von einer vollkommenen Abweichung von der Versuchsanordnung, wie das Jacobitz nennt, kann überhaupt hiermit keine Rede sein, da dieser Punkt im Verhältnisse zu anderen noch näher zu besprechenden ganz untergeordnet ist.

Die bestrichenen Platten wurden nun weiter von Jacobitz nach vollständiger Oberflächentrocknung mit den betreffenden pathogenen Bakterien (Bouillonkulturen infiziert) und zwar wurde immer möglichst dieselbe Menge[1]) auf jede Platte aufgetragen und auf derselben mit einem sterilen, feinen Haarpinsel oder sterilen Wattebausche gleichmäfsig verteilt. Dazu gestatte ich mir zu bemerken: Die Oberfläche eines mit einem Pinsel angefertigten Farbenanstriches wird niemals eben sein können. Ein Blick mit der Lupe, wenn man sich nicht anders überzeugen lassen will, zeigt eine bunte Abwechslung von Vertiefungen und Erhebungen. Da nun der Spiegel der Kulturflüssigkeit nach der Lehre über Hydrostatik sich notwendig horizontal einstellen mufs, so wird in den Vertiefungen je nach Gröfse derselben xmal so viel Kulturflüssigkeit sich ansammeln, als auf den nebenliegenden Erhebungen; folglich müssen an jenen tieferen Stellen xmal so viel Bakterien zur Antrocknung gelangen, als an diesen höheren Stellen; ergo mufs auch die Farbe, was Desinfektionswirkung betrifft, dort xmal so viel leisten als hier, wo nur der yte Teil von Bakterien vorhanden ist. Ein solches Verfahren ist also von einem quantitativen weit entfernt.

In bestimmten Zwischenräumen wurde schliefslich von Jacobitz Material von den infizierten Platten entnommen und zwar wurde mit einem sterilen Messer ein möglichst immer gleich grofses Stück von Stellen der gestrichenen Platten abgekratzt und dann zur Impfung verwendet. Wie schon erwähnt, wurde bei meinen neuen Versuchen, dem Vorschlage von Ra-

1) Nach späteren Angaben (Hygienische Rundschau, 1902, Nr. 5, S. 210) betrug diese Menge 0,5 ccm Kulturflüssigkeit.

binowitsch Folge leistend, von einer Übertragung des Farbmaterials in die Nährlösung wenigstens teilweise Abstand genommen.

Wenn ich nun die ganze Versuchsanordnung von Jacobitz wiederhole, so wurde ungefähr gleichviel Farbe aufgetragen, ungefähr gleich viel Kulturflüssigkeit aufgepinselt, ein ungefähr gleich grofses Stück abgekratzt und nun schliefslich je nach den vielen möglichen Zufälligkeiten, die während eines derartigen Arbeitens eintreten mufsten, der Desinfektionswert der untersuchten Farben einfach in Zahlen ausgedrückt und ohne weiteres behauptet, die eine Farbe wirke 2mal, 8mal etc. so stark desinfizierend als die andere.

Eine solche Behauptung wäre ja an und für sich nicht so schwerwiegend, wenn nur Farben von verschiedenem Charakter miteinander verglichen worden wären (die beiden Farben Pef. 2098 und Zonca 101 sind aber ganz gleichartig und sog. Konkurrenzfarben), oder wenn nur ein kleiner Kreis von Leuten am Ergebnisse der Resultate Interesse hätte. Da jedoch das meiste Interesse an dem Ausfalle solcher Untersuchungen unsere Fabrikanten naturgemäfs zeigen müssen, so kann man mit dem Urteile auf Grund der Untersuchungen nicht vorsichtig genug sein; dies um so mehr, wenn bei solchen Untersuchungen die Grundbedingung — ein genaues quantitatives Arbeiten — nicht genügend beobachtet worden ist. Es ist leicht zu ermessen, welchen Schaden für den Fabrikanten eine fehlerhafte Untersuchung und eine darauffolgende ungünstige Begutachtung haben kann. Ich überlasse es ferner dem Urteile des Lesers, wenn Jacobitz, um gleichsam seine Versuche als überzeugend hinzustellen, die Untersuchungen anderer, die dasselbe Thema behandelten und verschiedene Resultate erhalten haben als er, die übrigens, wie wir weiter unten ersehen werden, auch auf Grund von neuen quantitativen Untersuchungen sich als richtig herausstellten, ohne genaue quantitative Nachprüfung einfach für nicht genügend vertrauenswürdig bezeichnet. Wenn ich in meiner ersten Arbeit über dieses Thema nur fünf Versuche (wie Jacobitz zählte) ausgeführt habe, so lag damals, da ich nur einer freundlichen Aufforderung zur Nachprüfung Folge leistete, kein Grund vor, dafs ich mich der Mühe unterzog, eine neue, quantitative Versuchsanordnung auszuarbeiten; die fünf Versuche aber reichten für mich vollständig hin, den Eindruck zu bekommen, dafs die von Jacobitz angewandte Versuchsanordnung für die Untersuchung von Pef. 2098 und Zonca 101 als nicht genügend exakt zu bezeichnen ist. Dafs infolgedessen zugleich auch meine damaligen ersten Versuche, die in der Hauptsache nach der Versuchsanordnung von Jacobitz angestellt waren, als nicht genügend exakt bezeichnet werden mufsten, ist selbstverständlich und bedurfte nicht erst des besonderen Hinweises von Jacobitz. Jacobitz benutzt nämlich diese

meine Äufserung resp. mein offenes Bekenntnis dazu, um auch deshalb meine früheren Versuche im Vergleiche mit seinen als nicht genügend vertrauenswürdig zu bezeichnen. Was Jacobitz in seinen Versuchsanordnungen exakt nennt, ist aus obigen Darlegungen zu ersehen. Es soll hierüber beim chemischen Teile dieser Arbeit noch weiter gesprochen werden. Nebenbei bemerkt, ein Beweis der Genauigkeit von Jacobitz besteht auch darin, dafs er z. B. in seiner Veröffentlichung in der Hygienischen Rundschau, Nr. 5, 1902, S. 212, Tab. III, bei Pef. 2098 für Staphyl. pyog. aur. a) früherer Versuch als Abtötungsdauer = 12 Stunden einsetzt, wogegen diese auf Seite 103 (Tabelle, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 37) = 8 Stunden lautet und dann wieder b) nach späteren Versuchen die Abtötung nach 24 Stunden erfolgt ist. Und solche Resultate des Prüfungsergebnisses nennt Jacobitz fast jedesmal dieselben, während er auf der anderen Seite von einer Überlegenheit der Peftonanstriche über den Zoncaanstrich spricht, obwohl die Zoncafarbe 101 gegenüber Pef. 2098 in den Jacobitzschen Versuchen auch keine gröfseren Unterschiede aufweist. Oder wenn von Jacobitz weiter auf Seite 215 der Hygienischen Rundschau, Tabelle VI, bei dem Versuche nach 4 Monaten die Abtötungsdauer bei Zinkweifsölfarbe 4 statt 7 Tage und für Zoncafarbe 7 statt 4 Tage angegeben wird. (Ein Druckfehler ist hierbei ausgeschlossen und eine genaue Korrektur hätte solchen Verstofs unbedingt beseitigen müssen! D. Verf.)

Wenn Jacobitz versucht, solche eben geschilderte Unterschiede in der Abtötungsdauer von 8—12—24 Stunden bei Pef. 2098 in früheren und späteren Versuchen auf die verschiedenen Stämme der einzelnen Mikroorganismen und auf die Nährböden zurückzuführen (S. 215 Hyg. Rundsch., Nr. 5, 1902), so müfste sich doch auch bei Zoncafarbe in den früheren und späteren Versuchen — genaue Versuche vorausgesetzt — ein solcher Unterschied mit Staphylokokken ergeben haben und nicht blofs bei Pef. 2098, was jedoch bei den späteren Versuchen mit den nämlichen verschiedenen Stämmen und den nämlichen verschiedenen Nährböden nicht der Fall war. Es mufs vielmehr nach dem schon oben genau Geschilderten ganz allein die Ursache der so wechselnden Resultate in der Versuchsanordnung gesucht werden.

Nachdem ich, durch die Ausführungen von Jacobitz zu einer Erwiderung gezwungen, meine neue quantitativ ausgearbeitete Versuchsanordnung und die Versuchsanordnung von Jacobitz einander gegenüber gestellt habe, so sollen nun jetzt die neu angestellten Versuche mit Pef. 2098 und Zonca 101 folgen.

Tabelle I.

Versuch	Name der untersuchten Farben	Gewicht der Farbe auf jedem Deckglase	Zeitdauer des Trocknen	Alter der Staphylokokk.-Kultur	Anzahl der Keime pro verwendete Öle	erfolgte Wachstum in den geimpften Bouillonröhrchen[1]) nach Stunden											
						1/2	1	2	3	4	8	12	24	48	72	96	120
		mg	Tage	Stunden													
I	Pef. 2098	12	3	36	72 000					+	—	—	—				
	Zonca 101	12	3	36	72 000					—	—	—	—				
II	Pef. 2098	6	2	16	88 200		—	—	—	—	—	—					
	Zonca 101	6	2	16	88 200		—	—	—	—	—	—					
III	Pef. 2098	6	4	24	134 400	+	+	+	—	—	—	—					
	Zonca 101	6	4	24	134 400	+	+	—	—	—	—	—					
IV	Pef. 2098	6	7	24	76 200	+	+	+	+	+	—	—					
	Zonca 101	6	7	24	76 200	+	+	+	+	+	—	—					
V	Pef. 2098	6		24	75 000	+	+	+	+	+	+	—					
	Zonca 101	6	8	24	75 000	+	+	+	+	—	—	—					
VI	Pef. 2098	6	40	24	384 000						+	+	+	+	+	—	—
	Zonca 101	6	40	24	384 000						+	+	+	+	—	—	—
VII	Pef. 2098	12	ca. 6 Monate	24	228 000								+	+	+	—	—
	Zonca 101	12		24	228 000								+	—	—	—	—

1) + bedeutet Wachstum; — kein Wachstum.

Wenn man die Resultate in der Tabelle I näher betrachtet, so mufs zunächst auffallen, dafs je länger die Zeitdauer des Troknens währte, oder je früher der Anstrich der Emaillefarben vor der Infizierung erfolgt war, desto später die abtötende Wirkung eintrat. Während nach 2 Tage dauerndem Trocknen die Staphylokokken schon nach 1 Stunde nicht mehr entwickelungsfähig waren, fand dies nach $5^1/_2$ Wochen langem Trocknen erst nach 96 Stunden statt.

Ganz auffallend ist, dafs eine so kleine Menge Farbe von 6 mg — und wenn man noch die anorganische Substanz von ca. 35% ZnO für Pef. 2098, und ca. 55% ZnO für Zonca 101 in Abrechnung bringt — sogar nur 3,9 resp. 2,7 mg wirksame Substanz in verhältnismäfsig so kurzer Zeit einen nicht kleinen Desinfektionserfolg hervorzubringen vermag.

Zu Versuch Nr. IV ist noch zu bemerken, dafs in den Bouillonröhrchen, die von Pef. 2098 abgeimpft waren, stets früher Wachstum zu beobachten war, als in denjenigen von Zonca 101 abgeimpften.

Wenn nun das Ergebnis dieser Versuche, wie früher bei meinen Untersuchungen zu Gunsten der Zoncafarbe 101 gedeutet werden kann, so nehme ich doch nicht den geringsten Anstand, beide untersuchten Emaillefarben Pef. 2098 und Zonca 101 an desinfizierenden Wert einander gleichzustellen; denn erstens ist der Unterschied noch nicht grofs genug, als dafs der einen von den Farben der Vorzug zu erteilen wäre, und zweitens möchte ich zu diesem Zwecke die Methode noch viel exakter ausgearbeitet wissen.

Ursache der Desinfektionswirkung bei Emaillefarben.

Die Ursache all dieser desinfizierenden Wirkungen mufs nach Heimes neben gewissen physikalischen Vorgängen in der chemischen Beschaffenheit der Farbe gesucht werden. Derselbe Autor hat die Vermutung ausgesprochen, dafs die desinfizierende Wirkung auf gewisse, infolge Oxydation entstehender Körper, wie Ozon, Wasserstoffsuperoxyd zurückzuführen sei. Jacobitz hat sodann die Lösung dieser Frage von neuem in Angriff zu nehmen

versucht und schreibt am Schlusse nach Anstellung von Reaktionen und Versuchen, wie folgt: »Nach dem Vorausgehenden unterliegt es wohl keinem Zweifel, dafs die hervorragende, desinfizierende Wirkung der beiden Porzellanemaillefarben Pef. 2097 und 2098 in erster Linie diesen soeben des Näheren betrachteten, flüchtigen chemischen Substanzen zuzuschreiben ist, die sich beim Trocknen derselben aus dem bei ihnen als Bindemittel benutzten gekochten Leinöl bilden. Die flüchtigen chemischen Produkte sind nach Jacobitz CO_2, Aldehyd, Acetaldehyd, Acroleïn, Formaldehyd.

In meiner letzten Arbeit habe ich diese Frage gestreift, und nebenbei einige diesbezügliche Versuche ausgeführt; es geschah deshalb, weil es mir schon damals nicht wahrscheinlich erschien, dafs durch die soeben aufgezählten, von Jacobitz angenommenen flüchtigen Produkte die desinfizierende Wirkung bei Emaillefarben in erster Linie erzielt werden soll. Wenn ich an die Lösung dieser Frage ging, so war ich mir wohl bewufst, dafs diese Aufgabe schwieriger ist, als sich dieselbe z. B. Jacobitz vorgestellt hat. Zunächst wurde der Versuch 13 von Jacobitz (S. 107 Zeitschrift f. Hyg., Bd. 37) einer genauen Nachprüfung unterzogen. Ich konnte hiebei nicht alle Beobachtungen bestätigen, die Jacobitz angibt. Es würde zu weit führen, würden hier all die Unterschiede angeführt werden, zumal ich weiter unten (vgl. Tabelle II) darauf wieder zurückkommen mufs.

Wenn schon Jacobitz bei der vergleichenden Untersuchung der Emaillefarben ein genaues quantitatives Arbeiten aufser Acht gelassen hat, so mufste erst recht hier bei Lösung dieser Frage eine Feststellung nur von qualitativen Reaktionen zu ganz falschen Schlüssen Veranlassung geben. Leider wird dieser Fehler immer wieder begangen! Nur ein genaues quantitatives Arbeiten gibt uns ein klares Bild in solchen Fragen und stempelt eine Arbeit erst eigentlich zu einer wissenschaftlichen.

Bei dieser Nachprüfung wurde vor allem Gewicht darauf gelegt, die hierzu notwendigen Materialien nicht blofs auf ihre Reinheit zu prüfen, sondern dieselben, wenn möglich, auch selbst herzustellen. Es wurde auf Grund dieser Erwägungen Leinöl unter-

sucht und die Jodzahl desselben bestimmt (gefunden = 161,7 nach 18 Stunden; die Jodzahl von Leinöl schwankt zwischen 160 und 180). Aus diesem Leinöle wurde sodann Leinölfirnifs und Leinölsiccativ nach der Vorschrift der 4. Auflage des neuen pharmazeutischen Manuals von E. Dietrich, S. 165 und 166 hergestellt (gefundene Jodzahl für Leinölfirnifs = 106,1; für Leinölsiccative = 70,4). Von demselben Leinöle wurden ferner Leinölsäure und Oxyleinölsäure dargestellt, da auch diese beiden Körper, wie wir später sehen werden, eine Bedeutung für diese Frage besitzen (gefundene Jodzahl für Leinölsäure = 162,5). Mit diesen reinen Materialien in den Händen konnte erst die weitere genaue Untersuchung in Angriff genommen werden. Zur weiteren Untersuchung war aufserdem sehr notwendig, dafs alle Reaktionen unter gleichen Bedingungen mit genau bekannten Kontrolllösungen angestellt wurden. Mit diesen Kontrollösungen konnten dann die zu untersuchenden, fraglichen flüchtigen Produkte kolorimetrisch quantitativ verglichen werden. Nur auf diesem einzigen Wege war festzustellen, ob die sich in den Emaillefarben bildende Quantität von flüchtigen Produkten überhaupt zur Abtötung der Bakterienkulturen ausreichend ist oder nicht. In Tabelle II sind Lösungen der flüchtigen Produkte von Leinöl, Leinölfirnifs, Leinölsiccativ und Pef. 2098 unter gleichen Bedingungen kolorimetrisch mit bestimmten Kontrollösungen verglichen worden. Diese Lösungen der flüchtigen Produkte wurden erhalten, indem je 30 g Leinöl, Leinölfirnifs, Leinölsiccativ, Pef. 2098 in Flaschen von ca. 350 ccm Inhalt gegeben wurden. Durch die Flaschen wurde längere Zeit Sauerstoff hindurchgeleitet und dieselben dann mit einem Kautschukstopfen verschlossen. Die Flaschen blieben zur Einwirkung des Sauerstoffes 6 Tage lang bei Zimmertemperatur stehen. Die Wandungen wurden mit dem Inhalte während dieser Zeit öfters bespült. Nach Ablauf von 6 Tagen fand nun die Untersuchung des Inhaltes statt. Um zunächst das Vorhandensein eines Vacuums und die Gröfse desselben zu ermitteln, wurde der Stopfen der Flaschen unter einem bestimmten Quantum Wasser vorsichtig gelüftet. Das Wasser mufste bei einem vorhandenen Vacuum eingesaugt

werden und die Menge des eingesaugten Wassers entsprach dem Volumen des absorbierten Sauerstoffgases. Um die nicht von Öl oder Farbe bereits absorbierten Gase etc. in den Flaschen zur Absorption zu bringen, wurde der Inhalt mit Wasser geschüttelt und einige Zeit mit Wasser stehen gelassen. Eine völlige Absorption war sicher möglich, da die Menge der flüchtigen Produkte etc. nicht so bedeutend war, als dafs sie von der verwendeten Menge Wasser nicht hätte absorbiert werden können. Zum Beweise dessen wurden in gleichen Flaschen, mit welchen genau so, wie oben verfahren worden ist, diese Gase durch Sauerstoff verdrängt und durch Lösungen mit Schiffs Reagens, Fischers Reagens und Barytwasser geleitet. Hierbei trat entweder nur ganz geringe oder gar keine Reaktion ein. Nach der Absorption der Gase durch Wasser wurde nun der Inhalt der obigen Flaschen mitsamt den Flaschensplittern nach deren Zertrümmern und Zerkleinern in einen Destillierkolben gebracht. In den Destillierkolben wurde Wasserdampf eingeleitet und in allen 4 Fällen je 90 ccm Flüssigkeit (auf je 30 g Öl oder Farbe) überdestilliert.[1]) Es mufsten demnach in jedem dieser 90 ccm Destillat sämtliche flüchtigen Produkte enthalten sein, welche sich innerhalb der 6 Tage in Summa gebildet hatten. Die in Tabelle II angegebenen Zahlen drücken folglich auch die Gesamtmenge an flüchtigen Stoffen in den 90 ccm Destillat aus.

Wie die Tabelle II zeigt, sind die von Leinöl, Leinölfirnifs, Siccativ innerhalb 6 Tagen gebildeten flüchtigen Produkte so unbedeutend, dafs sie kaum der Erwähnung bedürfen. Damit finden die Resultate des Versuches 13 von Jacobitz nur zum Teile ihre Bestätigung. Als von Bedeutung sind nur die innerhalb 6 Tagen erhaltenen flüchtigen Produkte von Pef. 2098 zu bezeichnen. Betrachten wir uns das Ergebnis der mit dieser Farbe angestellten Versuche näher, so war die O-Aufnahme von 50% des dargebotenen Volumen Gases eine grofse. Dasselbe Resultat

1) Selbstverständlich wurde nach den 90 ccm Destillat weiter destilliert und konstatiert, dafs keine oder nur die geringste Spur von Aldehyd etc. mehr zu erhalten war.

Tabelle II.

Reaktionen erhalten mit 90 ccm Destillat nach Einwirkung von je 380 ccm Sauerstoff innerhalb 6 Tagen auf je 80 g:

Angewandte Reagentien	Leinöl	Firniſs	Siccativ	Pef. 2098	Die Reaktion tritt noch deutlich ein in Verdünnungen der Kontrollösungen
	Kolorimetrisch mit Kontrollösungen verglichen Gesamte Menge in 90 ccm Destillat				
Schiffs Reagens: (zum Nachweis von Aldehyden)	$^{9}/_{10}$ mg	0	0	50 mg	1 : 100 000 Acetaldehyd
Fischers Reagens: (auf Aldehyde, Ketone, Kohlenhydrate)	Trübung	schwache Trübung	0	starke Trübung	1 : 100 000 Acetaldehyd
Legals Probe: (auf Aceton)	0	0	0	0	1 : 1000 Aceton
Vanino Phlorglucinprobe: (Pharmac. Centrh. 1899 S. 101 auf Formaldehyd)	0	0	0	0	1 : 100 000 Formaldehyd
Nach Arnold und Mentzel (auf Formaldehyd, Zeitschr. f. Unters. v. Nahrungs- und Genuſsmitteln, 1902, Heft 8)	0	0	0	$^{9}/_{10}$ mg	1 : 100 000 Formaldehyd
$HgCl_2$ und Kochen: (auf Ameisensäure)	Spur	schwach	0	schwache Trübung	1 : 1000 Ameisensäure
Amoniakal. Ag-Lösung: (auf Aldehyde, Acrolein)	Spur	0	0	Spur	1 : 10 000 Formaldehyd = Spiegelbildung
Reaktion:	neutral	neutral	neutral	Spur sauer, durch Titration mit $^{1}/_{100}$ N-Lauge 1,9 mg Ameisensäure	
Zusatz von anorganischen Nährsalzen und Aussaat von Prodigiosus	Wachstum	Wachstum	Wachstum	Wachstum, allerdings später	
Vacuum	0	0	0	160 ccm = 50%	

ergaben auch ähnlich angestellte Versuche. Von Bedeutung ferner ist die Aldehydmenge, während die Gesamtformaldehydmenge und die Säuremenge 1,9 mg fast nicht in Betracht kommen können. Rechnen wir die nun in 6 Tagen aus diesen 30 g Farbe Pef. 2098 erhaltene Gesamtmenge von 50 mg Aldehyd um auf 0,6 g Farbe; denn soviel braucht man ungefähr um eine Fläche von 53 qcm mit Pef. 2098 zu decken und erinnern wir uns, dafs zu diesen 53 qcm Fläche Jacobitz 0,5 ccm Staphylokokkenkultur behufs Infizierung benutzt hat, um dann in 8—12 Stunden alle Keime abgetötet zu finden, so ergibt sich folgende Rechnung: Nur 0,6 g Farbe Pef. 2098 sind zum Bestreichen einer Fläche von 53 qcm nötig, nach meinen Versuchen haben 30 g Farbe Pef. 2098 im Verlaufe von 6 Tagen 50 mg Aldehyd geliefert, somit treffen von Aldehyd auf 0,6 g Farbe umgerechnet $\frac{30}{0,6} = 50$. Teil oder gleichfalls der 50. Teil von 50 mg Aldehyd = 1 mg Aldehyd pro 0,6 g Farbe Pef. 2098 in 144 Stunden. Da ferner diese 50 mg Aldehyd erst im Verlaufe von 6 Tagen oder 144 Stunden von 30 g Farbe Pef. 2098 (n. Tabelle II) produziert worden sind, da schliefslich die Abtötung von einer 0,5 ccm Staphylokokkenkulturflüssigkeit für 0,6 g Farbe Pef. 2098 (auf eine Fläche von 53 qcm gestrichen) nach den Jacobitzschen Versuchen innerhalb 8 bis 12 Stunden erfolgt war, so verringern sich diese 1 mg Aldehyd noch in diesem Verhältnisse (144 Stunden zu 8 resp. 12 Stunden = 18. resp. 12. Teil), nämlich um den 18. resp. 12. Teil; oder es ergibt sich als produzierte Menge: 0,06 mg Aldehyd für 0,6 g Farbe innerhalb 8 Stunden.

Und diese Menge von $^6/_{100}$ mg Aldehyd soll in 0,5 ccm Staphylokokkenbouillonkultur (Menge der Kulturflüssigkeit für eine Fläche von 53 qcm nach den Jacobitzschen Versuchen) alle Keime innerhalb 8 bis 12 Stunden abgetötet haben! In Wirklichkeit sind nach Zusatz von 1 mg und 10 mg Acetaldehyd zu 0,5 ccm einer 24stündigen Staphylokokkenbouillonkultur noch nach 7 Tagen die meisten Keime lebensfähig; erst bei Zusatz von 100 mg Acetaldehyd zu obiger Menge Bouillonkultur sind nach 1 Stunde nur mehr wenige Keime lebend vorhanden.

Während dieser Versuch nur qualitative Anhaltspunkte gibt, wurde folgender Versuch quantitativ angestellt:

Zu je 0,5 ccm 24stündiger Staphylokokkenbouillonkultur kamen 1,5 mg Acetaldehyd (also mehr als das 20fache nach obiger Berechnung) und außerdem noch 0,3 mg Ameisensäure (also eine bedeutend größere Menge als jene ist, welche sich für 0,6 g Farbe Pef. 2098 innerhalb 8 Stunden = (3/1000 mg) vorfinden würde).

Während vor dem Versuche die Kultur pro Öse 349440 Keime zeigte, fanden sich nach 4 Stunden 211200; nach 12 Stunden 128640 Keime pro Öse vor.

Nehmen wir nun an, daſs in statu nascendi die desinfizierende Wirkung der Aldehyde eine gröſsere ist und rechnen wir unter Berücksichtigung des Ausdrocknen und der Säuremenge das 10fache, ja das 100fache vom obigen gefundenen Werte, so sind wir immer noch von der Desinfektionswirkung entfernt, die in der Tat stattfindet. Ich kann also mit bester Überzeugung behaupten, die von Jacobitz angenommenen flüchtigen Produkte sind es in erster Linie nicht, welche beim Aufstreichen von Kulturen auf Emaillefarben, z. B. auf Pef. 2098, die bakterizide Wirkung hervorrufen.

Auſser der oben dargelegten Berechnung stützt sich meine Behauptung auf folgende weiteren Punkte: Betrachten wir in Tabelle I die desinfizierende Wirkung der Farbe Pef. 2098 etwas näher. Auf 6 mg Emaillfarbe 2098 werden ca. 75000 bis 130000 Keime schon innerhalb 1—4 Stunden abgetötet: Bedenken wir noch, daſs in 6 mg Emaillefarbe ca. 35% ZnO als unwirksame Substanz enthalten sind, so wären es gar nur ca. 4 mg organische Substanz, die die Wirkung zu erzielen vermag; und der wievielste Teil von diesen 4 mg organischer Substanz ist dann erst in der Tat der Bestandteil der flüchtigen Produkte, da wir nur annehmen können, daſs sich diese flüchtigen Produkte (Aldehyde, flüchtige Fettsäuren etc.) nur aus dem Glycerin nach Abspaltung der Fettsäuren bilden können. Nachdem die Fettsäuren im Leinöl nach Mulder ca. 95% betragen, das Glycerin ca. 5%, so muſste gar nur der 20. Teil von 4 mg oder $^2/_{10}$ mg an flüssigen Produkten in maximo in Betracht kommen. Also auch auf Grund dieser Überlegung können

flüchtige Produkte nicht die Hauptursache der desinfizierenden Wirkung bei Emaillefarben sein. Aber nicht auf Überlegungen und Berechnungen allein, sondern auch auf Versuche soll sich meine obige Behauptung stützen.

Die Tabelle II zeigt auch, dafs das Gesamtdestillat nicht einmal entwicklungshemmend wirkt, geschweige denn abtötend. Zu 5 ccm Destillat gelangten als Nährstoffe Ammoniumsulfat und die Nägelischen Nährsalze. Bouillon, Pepton etc. wurde absichtlich vermieden, um dem Einwande zu entgehen, dafs die Aldehyde mit Pepton, Eiweifskörpern event. unwirksame Verbindungen eingehen. Als Aussaat konnten natürlich nicht Staphylokokken gewählt werden, sondern eine in einer so zusammengesetzten Nährlösung besser wachsende Bakterienart und zwar wählte ich hiezu den Bacillus prodigiosus. Aus der Tabelle ersehen wir, dafs in allen Proben Wachstum eingetreten ist, wenn auch bei Pef. 2098 bedeutend später. Ein quantitativ angestellter, baktericider Versuch mit Staphylokokkenkultur ergab: sofort 268800; nach 1 Stunde 213120; nach 4 Stunden 211200; nach 12 Stunden 126720 und nach 24 Stunden 259200 Keime pro gleicher Öse. Hiebei wurde 0,5 ccm Staphylokokkenkultur mit 1,5 ccm Destillat (Tab. II) gemischt. Also auch dadurch konnte meine Behauptung eine Stütze finden.

Schliefslich liefs ich in einem weiteren Versuche die flüchtigen Produkte direkt auf Kulturen einwirken. Da möglichst viel Farbe in einem möglichst kleinen Raume am überzeugendsten diesen Beweis erbringen mufste, so wurde folgende Anordnung gewählt: Glasröhren von 14 mm Durchmesser und 12 cm Länge wurden mit je 2,5 g Farbe Pef. 2098 beschickt, und die Farbe an den Wandungen zur Verteilung und Trocknung gebracht. Nach 8 Tagen Trocknen wurde der Versuch weiter geführt. Da eine Berührung der Kultur mit Farbe ausgeschaltet werden mufste, aber möglichste Annäherung der Kultur zur Farbe wünschenswert erschien, so wurden Deckgläschen von 12 qmm mit einer kleinen Öse voll Staphylokokkenkultur (136800 Keime) bestrichen und in die obige Röhre eingeschoben. Hierauf wurde durch die Röhren Sauerstoff hindurchgeleitet.

Dadurch sollte bezweckt werden, der verhältnifsmässig grofsen Menge Farbe einen Ersatz für den geringen Luftraum zu verschaffen, und der Farbe die gröfste Gelegenheit zur Sauerstoffaufnahme zu geben. Nach bestimmten Zeitabschnitten wurde nun je ein Deckgläschen herausgenommen und untersucht. Nach 216 Stunden trat noch immer Wachstum ein, während im Kontrollversuche mit nur 6 mg Farbe und der gleichen Öse voll Keime bereits in 8 Stunden dieselben vernichtet waren. Da für eine gröfsere Anzahl Deckgläschen nicht Vorsorge getroffen war, konnte der Versuch nicht länger als 216 Stunden ausgedehnt werden. Dieser Versuch ist wieder beweisend genug, um die fragliche Wirkung der flüchtigen Produkte als unwesentlich erscheinen zu lassen.

Aus all den angeführten Versuchen und den daraus sich notwendig ergebenden Folgerungen glaube ich, den genügenden Beweis erbracht zu haben, dafs die desinfizierende Wirkung bei Emaillefarben in erster Linie nicht auf Rechnung der flüchtigen Produkte zu setzen ist, sondern dafs dabei noch andere Faktoren notwendigerweise in Frage kommen müssen. Hiemit sei durchaus nicht in Abrede gestellt, dafs die flüchtigen Produkte keinen Anteil an dem Ausfalle des Desinfektionserfolges haben; allerdings mufs dieser Erfolg als untergeordnet und als klein bezeichnet werden.

Welchem Bestandteile verdanken nun die leinölhaltigen Emaillefarben die nicht unbedeutende Desinfektionswirkung? Diese Frage machte zunächst eine Analyse der Farbe Pef. 2098 notwendig. Eine Behandlung der Farbe mit Lauge bringt nicht nur Zinkoxyd als Zinkat in Lösung, sondern verseift auch die Fette etc. Die Fettsäuren wurden aus der Seife mit Schwefelräure wieder abgeschieden und mit Äther ausgeschüttelt und gereinigt. Die so erhaltenen Fettsäuren zeigten eine Jodzahl von 125,6 und ergaben nach der Methode von Gladding und Twtischell aufser Fettsäuren fast genau 10% Harzsäuren. Welche Harzsäure vorliegt, wurde vorläufig nicht weiter ermittelt. Also aus ca. 35% ZnO und 65% Leinöl mit 10% Harzzusatz besteht die Farbe Pef. 2098.

Wenn in der Litteratur eine von den Arbeiten über Leinöl, Leinölfirnifs, Erwähnung verdient, so ist es vor allem die Arbeit von Mulder.[1]) Mulder schreibt: »Wenn man Leinöl bei Luftzutritt kocht, so trennt sich das Glyzeryloxyd teilweise von den Fettsäuren (Leinölsäure, nebst wenig Elaïnsäure, Palmitinsäure und Magarinsäure) und die freigewordene Leinölsäure tritt wasserfrei auf. Diese wasserfreie Leinölsäure ist eine elastische, kautschukartige Masse, welche die wertvollen Eigenschaften eines guten Firnisses — grofse Widerstandsfähigkeit und Härte bei gleichzeitiger Elastizität zugeschrieben werden mufs. Die im gekochten Leinöl vorhandene, nicht in wasserfreie Säure verwandelte Leinölsäure wird beim Anstriche und Trocknen zu einem anderen Produkte, der Linoxysäure, einer terpentinartigen Substanz oxydiert. Alles was im gekochten Leinöl noch als unverändertes Linoleïn vorhanden ist, trocknet zu Linoxyn (Oxydationsprodukt der wasserfreien Leinölsäure), eine lederartige, elastische Substanz. Bei gutgetrocknetem Leinöle wurden alle Glyzeride zersetzt, was zurückbleibt ist Linoxyn, vermischt mit Palmitin-, Myristicin- und Elaïnsäure, welch letztere bei längerer Dauer des Trocknens oxydiert werden.« Ferner lesen wir: »Leinölsäure nimmt, sofern ihr Luft dargeboten wird, namentlich bei Gegenwart von Basen rasch Sauerstoff auf. So hatte z. B. Cloez[2]) 10 gr Leinöl 18 Monate lang der Luft ausgesetzt und gefunden, dafs dasselbe ein Gewicht von 10,703 gr angenommen hat, während zu gleicher Zeit CO_2, Ameisensäure (nach 18 Monaten!) Essigsäure und Wasser aus dem Glyzerin durch Absorption von Sauerstoff entstanden sind. An anderer Stelle[3]) berichtet derselbe Autor, dafs die Öle (Leinöl und Mohnöl) in der Luft C und H verlieren und reichlich O absorbieren. Der C tritt zum gröfsten Teil als CO_2, der H zum gröfsten Teil als H_2O aus, der Rest bildet, wie scheint eine flüchtige, an Acroleïn erinnernde Verbindung.

1) Mulder, Chemie der austrocknenden Öle. Nach der holländischen Originalausgabe bearbeitet von J. Müller, Berlin, 1867.

2) Cloetz, Wagners Jahresber. der chem. Technologie, 1865, S. 558.

3) Bullet. de la Société chim., 1865 Jan., S. 41.

Da in Pef. 2089 Harze resp. Harzsäuren nachgewiesen worden sind, so sollen hierüber folgende Angaben Erwähnung finden. An Stelle der früher gebräuchlichen, durch Kochen von Leinöl mit Bleioxyd hergestellten Firnisse verwendet man jetzt mit Erfolg in der Technik Lösungen von harzsauren und leinölsauren Salzen in Leinöl (= Metallfirnisse, ungekochte Firnisse). Die Oxydation der Harze an der Luft ist allbekannt. K. Dietrich[1]) schreibt: »Gerade bei den Harzen wird die oxydierende Wirkung des Trockenprozesses durch Luft und Licht am besten veranschaulicht. Lippert[2]) hat Versuche angestellt, ob bei Zusatz von Harzöl, Harz zu Firnissen eine Verminderung hinsichtlich der absorbierten Menge Sauerstoff eintritt oder nicht und findet, dafs bei Zusatz von Kolophonium gerade bei der stärksten Verfälschung die Sauerstoffzahl am höchsten ist.

Wenn wir also von der Oxydation der Leinölsäure zu Oxyleinölsäure, von Leinölsäureanhydrid zu Linoxyn, von Oxydationsvorgängen bei den Harzen hören, so kann es nicht Wunder nehmen, dafs Pef. 2098 in Tab. II 50% des vorhandenen Sauerstoffs in 6 Tagen absorbiert hat. Dafs Farbe Pef. 2098 noch mehr O aufzunehmen vermag, sollen folgende Versuche zeigen. Drei Flaschen mit je 850 ccm Inhalt wurden mit je 20 g Pef 2098 beschickt. Nach dem Anhaften der Farbe an den Wandungen der Flasche wurde Sauerstoff eingepumpt. Nach 6 Tagen waren von den 830 ccm Sauerstoff 500 ccm absorbiert; also 60%. Auf einem Objektträger wurden 0,22 g Pef. 2098 gestrichen. Nach der Oberflächentrocknung wurde gewogen und in bestimmten Zeiträumen die Gewichtszunahme konstatiert, und zwar ergab dieselbe nach 4 Tagen = 3,6 mg; nach 8 Tagen = 5,0 mg; nach 24 Tagen = 5,0 mg; nach 2 Monaten = 5,0 mg. Die Gewichtszunahme von Farbe Pef. 2098 nach erfolgter Oberflächentrocknung war demnach nach 4 Tagen beendet und betrug ca. 2,3%; in Gasvolumen ausgedrückt, haben 0,22 g Farbe Pef. 2098 = 3,5 ccm O aufgenommen, wobei die Abnahme keine

---

1) K. Dietrich, Helfenberger Analen, 1896, S. 15.

2) Lippert, Z. f. angew. Chemie, 1898, S. 412. Zur Ermittlung der v. trock. Ölen und Firnissen absorb. O-Menge.

Berücksichtigung finden konnte, die durch etwaige Gasbildung etc. erfolgt sein mag.

Wenn wir uns alle diese Tatsachen von der Sauerstoffaufnahme, einerseits des Leinölfirnisses und anderseits der Harze vor Augen führen, so mufs man sich doch unwillkürlich die Frage stellen, soll bei diesem bedeutenden O-Aufnahmevorgange, bei diesen Oxydationsprozessen nicht auch nebenbei eine keimabtötende Wirkung stattfinden; müssen wir unbedingt erst durch Oxydation gebildete Produkte annehmen, welche die desinfizierende Wirkung schliefslich zustande bringen; kann die keimabtötende Wirkung der Emaillefarben nicht auf diesen Umstand zum Teile zurückgeführt werden? Gibt es doch sowohl in der anorganischen, wie in der organischen Chemie keimabtötende Körper, welche hauptsächlich dadurch desinfizierend zu wirken scheinen, dafs infolge der Sauerstoffaufnahme nebenbei und nicht erst durch die sich bildenden Oxydationsprodukte die Keimabtötung erfolgt. Ich nenne als Beispiel die unterchlorigsauren Salze, die durch Sauerstoffaufnahme in chlorsaure Salze übergehen. Die unterchlorigsauren Salze wirken aber bekanntlich stärker desinfizierend als die chlorsauren Salze.

Bevor in dieser Hinsicht aber ein entscheidender Schlufs gezogen werden kann, mufs noch die Frage berührt werden, ob nicht aus den trockenen Farben durch wässerige Flüssigkeiten, wie sie die benützten Infektionsmaterialien darstellen, Salze gelöst werden können. Wie wir gehört haben, entstehen beim Eintrocknen von Leinölfirnifs Fettsäuren, Oxyfettsäuren, die bei Gegenwart von ZnO das entsprechende Salz zu bilden vermögen[1]). In der Tat kann man nach dem Eintrocknen der Farbe Pef. 2098 mit Wasser Salze ausziehen. Es wurden z. B. in einer Flasche, in welcher 20 g Pef. 2098 angetrocknet war, noch nach der neunten Füllung derselben mit warmen Wasser diese Salze nachgewiesen. Aus mehreren solchen Flaschen wurde durch Abdampfen des Wassers eine weiche Masse erhalten, die in der Hauptsache aus

1) Aufserdem werden, wie schon erwähnt, Lösungen von harzsauren und leinölsauren Salzen in Leinöl (sog. Metallfirnisse) mit Erfolg in der Technik benutzt.

dem Zinksalze einer Harzsäure bestand. Die nächste Aufgabe war nun zu erforschen, ob dieses Salz entwicklungshemmend und Bakterien abtötend wirkt. In einer Konzentration, von 3 zu 1000, einer Bouillon zugesetzt und mit Staphylokokken infiziert, war eine entwicklungshemmende Wirkung zu konstatieren. In 1 ccm Staphylokokkenbouillonkultur wurde ferner 0,02 g des des Salzes, (also 2 %) zur Lösung gebracht und mit je einer Öse voll Plattenkulturen angelegt. Während bei Beginn des Verfahrens 351360 Keime pro Öse vorhanden waren, zeigten sich nach 1 Stunde 297 600; nach 4 Stunden 201 600; nach 12 Stunden 107 520; nach 24 Stunden 76 800 Keime pro Öse noch lebensfähig. Wie viel von dem Salze unter Berücksichtigung der dargelegten Versuchsanordnung in Lösung geht, ergibt ein hierüber angestellter Versuch. Hiernach werden von 0,5 ccm Flüssigkeit 1,14 mg gelöst, was einer 0,22 % Lösung gleichkommt. Um einerseits die Wirkung *dieser Salze allein* zum Teile kennen zu lernen, mufste die Oxydation, also die Luft ausgeschaltet werden; um anderseits den Einflufs der Luft, also *die Oxydation allein* zu beobachten, mufste das Salz entfernt werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Partie mit 6 mg Farbe Pef. 2098 bestrichener Deckgläschen nach 2 Tage währendem Trocknen ½ Minute lange in kochendes Wasser gegeben, dann an der Luft weitere 2 Tage belassen, und schliefslich mit einer kleinen Öse voll 24 stündiger Staphylokokkenbouillonkultur (134 400 Keime pro Öse) bestrichen; die andere Partie liefs ich 4 Tage lang trocknen, kochte dann dieselben ½ Minute lang in Wasser aus, infizierte sie nach dem Verdampfen des anhaftenden Wassers mit der gleichen Öse voll Kultur (134 400 Keime pro Öse) und bewahrte sie in einem Vacuumexsiccator auf, der mittelst einer kräftig saugenden Luftpumpe evacuiert wurde; eine dritte Partie wurde wie sonst behandelt und diente als Kontrolle. Während nun auf den Kontrollgläschen nach 3 Stunden alle Keime abgetötet waren, dauerte dies bei den aufgekochten (also von dem harzsaurem Zink befreiten) und wieder den völligen Genufs von Luft besitzenden Deckgläschen schon 11 Stunden; die ausgekochten und im Vacuum (von 700 mm) befindlichen

Proben bedurften, um denselben Effekt zu erzielen, hingegen 96 Stunden.

Farbe Pef. 2098 je 6 mg; je mit einer kleinen Öse voll Staphylokokkenbouillonkultur (134400 Keime pro Öse) infiziert.

Bestrichene Deckgläschen	Wachstum in den geimpften Bouillonröhrchen nach Stunden								
	1	2	3	7	11	23	48	72	96
A. 2 Tage getrocknet, ½ Minute ausgekocht, nach 4 Tagen infiziert . .	+	+	+	+	−	−	−	−	
B. 4 Tage getrocknet, ½ Minute ausgekocht, infiziert und im Vacuum (von 700 mm) aufbewahrt	+	+	+	+	+	+	+	+	−
C. Ohne Auskochen nach 4 Tagen infiziert (Kontrolle)	+	+	−	−	−				

Um den Unterschied im Desinfektionserfolge bei vollständigem Luft- resp. Sauerstoffgenufse und bei ganz beschränktem Luft- resp. Sauerstoffzutritte genauer kennen zu lernen, wurden noch zwei weitere Versuche angestellt. Die eine Partie wieder mit 6 mg Farbe Pef. 2098 bestrichenen Deckgläschen blieb wie sonst in Petrischalen an der Luft liegen, die andere Partie wurde im wieder gut schliefsenden Vacuumexsiccator untergebracht und derselbe möglichst evacuuiert (Vacuum 700 mg). Der Aufstrich der Farbe war in dem einen der Versuche bereits 8 Tage, im andern der Versuche 11 Tage alt. Die Abtötung der Keime (136800 pro Öse) erfolgte an der Luft nach 12 Stunden, im fast völligen Vacuum nach 96 Stunden resp. war im zweiten Versuche dieser Erfolg nach 120 Stunden nicht erzielt.

Farbe Pef. 2098 je 6 mg mit je einer kleinen Öse voll Staphylokokkenbouillonkultur (24stündig) infiziert.

Versuch	Anzahl der Keime pro Öse	Deckgläschen aufbewahrt	Wachstum in den geimpften Bouillonröhrchen nach Stunden										
			1	2	3	4	8	12	24	48	72	96	120
I.	136800	an der Luft	+	+	+	+	+	−	−	−	−		
	136800	im Vacuum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	
II.	408000	an der Luft	+	+	+	+	+	−	−	−	−		
	408000	im Vacuum	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Die angestellten Untersuchungen genügen um daraus zu schliefsen, dafs die in Lösung gehenden fettsauren und harzsauren Salze die hauptsächliche Ursache der desinfizierenden Wirkung bei frisch aufgestrichenen Emaillefarben nicht sind.

Nachdem auch dieser Fall für den nicht unbedeutenden, desinfizierenden Erfolg bei frisch gestrichenen Emaillefarben nicht in erster Linie in Betracht kommen kann, so bleibt nur die eine schon angedeutete Möglichkeit übrig, dafs nämlich die desinfizierende Wirkung bei Emaillefarben auch abhängig ist, von der Fähigkeit Sauerstoff aufzunehmen und dafs diese Wirkung umso gröfser ist, je mehr das Bindemittel (Leinölfirnifs mit Harzzusätzen) Sauerstoff aufzunehmen vermag. Diese Annahme steht mit den bereits bekannten Tatsachen im Einklange, dafs solche Emaillefarben ihre desinfizierende Wirkung allmählich verlieren, wenn alle Oxydationsprozesse beendet sind. Die Wirkung der bei diesen Oxydationsvorgängen entstehenden flüchtigen und nicht flüchtigen Produkte kann bei dem Desinfektionserfolge nur von untergeordneter Natur sein.

Es sei mir gestattet, bei dieser Gelegenheit auf einen ähnlichen Fall hinzuweisen. Wenn man die bakterielle Selbstreinigung der Flüsse nur auf den Einflufs des Lichtes, auf die ungünstigen Nahrungs- und Wachstumsverhältnisse, in welche die Bakterien bei Einschwemmung in die Flufsläufe versetzt werden etc. — und wie alle die untergeordneten Gründe heifsen mögen — zurückführen will, so reichen sie alle zusammengenommen bei weitem nicht aus, um den wirklich stattfindenden Abtötungserfolg völlig zu erklären. Vielmehr glaube ich, auch hier annehmen zu müssen, dafs Oxydationsvorgänge — und solche finden ja bei Flufsläufen statt — die Hauptursache der Bakterienabtötung im verunreinigten Flufswasser sind.

Fafse ich die Resultate meiner Untersuchungen zusammen, so ergibt sich folgendes:

1. Zu allgemein vergleichenden Untersuchungen für Farben von verschiedener Zusammensetzung, also verschiedenen Charakters, ist die Versuchsanordnung von Jacobitz verwendbar. Wenn aber Farben von gleichem oder ganz ähnlichem Charakter auf

ihre desinfizierende Wirkung hin untersucht werden sollen, wie das von Jacobitz auch für die Farbe Pef. 2098 und Zonca 101 geschehen ist, so ist, um ein sicheres Urteil abzugeben, die Versuchsanordnung von Jacobitz unbedingt nicht mehr genügend; es mufs hiefür ein genaueres quantitatives Verfahren Platz greifen.

2. die hier aufgeführte Deckgläschenversuchsanordnung ist quantitativ ausgearbeitet und entspricht deshalb dem eben genannten Zweck; also zum Vergleiche von Farben mit gleicher Zusammensetzung.

3. Auf Grund dieser neuen Versuchsanordnung ist, wie ich schon in meiner früheren Arbeit gezeigt habe, die Zoncafarbe 101 mindestens ebenso gut keimabtötend, wie die Farbe Pef. 2098; also Pef. 2098 zeigt keine Überlegenheit, wie Jacobitz auf Grund ungenau angestellter Versuche behauptet.

4. Die Menge der beim Trocknen von Leinöl auftretenden flüchtigen Produkte (Aldehyde, Formaldehyd, Ameisensäure) ist auf Grund von quantitativ ausgeführten Untersuchungen nicht so grofs, dafs sie für den Desinfektionserfolg bei Emaillefarben in Betracht kommen können, wie Jacobitz nach Anstellung nur qualitativer Reaktionen angibt.

5. Die von Emaillefarbenanstrichen mit Flüssigkeiten in Lösung gehenden ölsauren und harzsauren Salze besitzen zwar eine abtötende Wirkung, erklären aber gleichfalls nicht die besonders bei frisch aufgestrichenen Emaillefarben stattfindende bedeutende Desinfektionswirkung.

6. Die Desinfektionswirkung der Leinölfinifs, Harze und zugleich Basen (ZnO) enthaltenden Emaillefarben ist höchst wahrscheinlich als unmittelbare Folge des Oxydationsvorganges zu betrachten, ohne dafs wir annehmen müssen, dafs die dabei entstehenden flüchtigen und nicht flüchtigen Oxydationsprodukte diesen Effekt allein auslösen. Allerdings beteiligen sich diese am Desinfektionserfolge.

7. Nach vollendeter Oxydation können die in den Emaillefarbenanstrichen entstehenden löslichen fett- und harzsauren Salze den allmählich stattfindenden Desinfektionserfolg erklären.

Diese Erklärung gilt gerade für die Desinfektionswirkung älterer Anstriche.

8. Was den Wert der keimabtötenden Wirkung bei Emaillefarben betrifft, so möchte ich auch heute, wie ich das bereits früher getan habe, dieser keine allzu grofse Bedeutung beilegen. Sie ist nur eine schätzens- und wünschenswerte Eigenschaft.

Zum Schlufs sei noch bemerkt, dafs ich dieses Thema, soweit es die Emaillefarben angeht, von meiner Seite als erledigt betrachte und auf Einwendungen, die dagegen erhoben werden, nur eingehen werde, wenn sie sich auf genauest durchgeführte neue Untersuchungen stützen.

Über Malaria im europäischen Rufsland (ohne Finnland).

Eine Skizze.

Von

P. Argutinsky.

(Mit einer Karte.)

Die statistischen Daten über die Malariamorbidität in Rufsland, welche meiner Mitteilung zu Grunde liegen, sind Berichten entnommen, die unsere oberste Behörde für die Medizinalverwaltung, das Reichsmedizinaldepartement, von Zeit zu Zeit veröffentlicht; sie betreffen die Jahre 1893, 1894 und 1895.

Das Medizinaldepartement erhält sein statistisches Material zum gröfsten Teil aus den Mitteilungen zahlreicher Ambulatorien auf dem Lande und auch in den Städten, zum geringeren aus denen verschiedener Krankenhäuser und zu einem ganz unbedeutenden aus der Privatpraxis der praktischen Ärzte, die alle verpflichtet sind, alljährlich einheitlich rubrizierte Berichte über die Zahl der behandelten Kranken der Medizinalbehörde einzuliefern. Es ist selbstverständlich, dafs die Publikationen des Medizinaldepartements nicht die Zuverlässigkeit einer genau geführten, auf klinischen Diagnosen gegründeten Krankenhausstatistik haben, aber neben den medizinalstatistischen Veröffentlichungen mancher Landschaftsärzte, mit denen sie ziemlich übereinstimmen, bilden sie fast das einzige, grofse Zahlen enthaltende Material zur Feststellung der Malariamorbidität der Zivilbevölkerung des europäischen Rufslands. Unter den statistischen Quellen des Medizinaldepartements können die Be-

richte aus der Privatpraxis der praktischen Ärzte keinen Anspruch auf Genauigkeit machen, da bei weitem nicht alle unsere Ärzte ihre Privatkranken regefmäfsig registrieren. Zum Glück ist der Anteil gerade dieser Berichte, wie schon oben erwähnt, ein ganz unbedeutender. Dagegen sind die Mitteilungen der Krankenhäuser und Ambulatorien viel zuverlässiger.

Der allergröfste Teil unserer statistischen Daten bezieht sich auf die Landbevölkerung, welche auch jetzt noch nahe an 90% der Gesamtbevölkerung Rufslands ausmacht; deshalb ist für die richtige Beurteilung der allgemeinen, als auch der Malariamorbidität in erster Linie der Umstand zu berücksichtigen, dafs in verschiedenen Provinzen, wegen der ungleichen Organisation des Medizinalwesens auf dem Lande, die ärztliche Hilfe in ganz verschiedenem Mafse geboten und ebenso in ganz verschiedenem Mafse gesucht wird. Da das gröfsere Angebot und die stärkere Inanspruchnahme der ärztlichen Hilfe auf dem Lande vor allem davon abhängt, ob in dem betreffenden Gouvernement landschaftliche Selbstverwaltung — »Semstwo« — eingeführt ist oder nicht, ist hier in kurzen Worten über »Semstwo« zu berichten, während denen, die sich eingehender mit dieser echt russischen Institution bekannt machen wollen, vor allem die vortreffliche Schilderung von F. Erismann[1]), dem hochverdienten Förderer der landschaftlichen Medizin in Rufsland, empfohlen sei.

Mit »Semstwo« bezeichnet man die auf Grund des Gesetzes vom 1. Januar 1864, in 34 Gouvernements des europäischen Rufslands eingeführte landschaftliche Selbstverwaltung, die vor allem die Aufgabe hat, für Unterricht, Medizin und Verkehrswege auf dem Lande innerhalb ihres Gouvernements zu sorgen. So weit es die Verhältnisse ermöglichten, hat die landschaftliche Selbstverwaltung in den, seit ihrer Einführung verflossenen nahezu 40 Jahren viel Segensreiches geleistet, ganz besonders in Bezug auf die Organisation der medizinischen Hilfe für die Landbevölkerung. In jedem der 34 Semstwogouvernements wurden viele, gut besoldete Landärzte angestellt, mit festen Wohnsitzen

1) Die Entwicklung der landschaftlichen Medizin und Gesundheitspflege in Rufsland Deutsche Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspfl., Bd 29, 1897.

in Dörfern und obligatorischer unentgeltlicher Behandlung der Landbevölkerung; es wurden auf dem Lande viele kleine Krankenhäuser kreiert und zahlreiche Ambulatorien gegründet, in denen dem Landmann und seinen Angehörigen täglich unentgeltliche ärztliche Hilfe und meist auch kostenlose Medizin zur Verfügung steht. Es ist selbstverständlich, dafs unter solchen Umständen die Landbevölkerung, die früher meist gar keine Ärzte kannte, in den Gouvernements, in denen Semstwo eingeführt wurde, bereits grofses Vertrauen zu den Landschaftsärzten und zur Medizin gewann, und dafs hier die Inanspruchnahme der ärztlichen Hilfe von Jahr zu Jahr steigt und bedeutend stärker ist als in den Gouvernements ohne Semstwo.

In diesen letzteren wurden zwar in den verflossenen Jahren von der Regierung amtliche Dorfarztstellen geschaffen, aber weder sind diese Stellen zahlreich genug, noch sind sie so vortrefflich organisiert wie in den Semstwogouvernements. Es ist Tatsache, dafs in Gouvernements ohne landschaftliche Selbstverwaltung nicht einmal halb so viel Menschen ärztliche Hilfe aufsuchen als in Gouvernements mit landschaftlicher Selbstverwaltung.

Daraus geht deutlich hervor, dafs bei Aufstellung einer Statistik der Malaria- oder der allgemeinen Morbidität im europäischen Rufsland, das Verhältnis der Malariakranken oder aller Kranken zur Bevölkerungszahl in einem Gouvernement mit landschaftlicher Selbstverwaltung und in einem Gouvernement ohne landschaftliche Selbstverwaltung nicht miteinander verglichen werden darf. Bei einem solchen Vergleich würden in einem Semstwogouvernement selbstverständlich sowohl die Malariamorbidität, als auch die allgemeine Morbidität immer bedeutend höher erscheinen. Die Malariastatistik wird nur dann ein der Wirklichkeit annähernd entsprechendes Bild geben, wenn das Verhältnis der Malariafälle zur Zahl aller Kranken im Gouvernement berücksichtigt wird, dagegen das zur Bevölkerungszahl aufser acht bleibt. Nur in diesem Falle können wir die Gouvernements mit und ohne Semstwo miteinander vergleichen.

	Gouvernements: (Die mit × versehenen Gouvernements haben landschaftliche Selbstverwaltung.)	A Die Zahl der Malariakranken im Jahre (Mittelzahl der Jahre 1893—95)	B Die Zahl aller registrierten Kranken im Jahre (Mittelzahl der Jahre 1893—95)	A : B %-Verhältnis der Malariafälle zu allen Erkrankungsfällen im Gouvernement	C Berechnete Einwohnerzahl im Gouvernement für die Jahre 1893—95	D Ergebnisse der Volkszählung im Anfang 1897	A : D %-Verhältnis der Malariafälle zur Einwohnerzahl des Gouvernements	B : D %-Verhältnis der Zahl aller registrierten Kranken zur Einwohnerzahl des Gouvernements
1.	Archangelsk	262	27 152	0,7	354 469	347 509	0,08	7,8
2.	Astrachan	22 945	106 654	22,4	961 454	994 775	2,30	10,7
3.	Wilno	2 229	151 923	1,5	1 422 508	1 591 912	0,14	9,5
4.	Witebsk	3 751	259 130	1,5	1 428 307	1 502 916	0,25	17,2
5.	Wolynien	18 826	373 035	5,1	2 588 257	2 997 902	0,63	12,4
6.	Grodno	12 350	229 780	5,3	1 608 923	1 617 859	0,77	14,2
7.	Kiew	34 945	606 228	5,7	3 442 662	3 576 125	0,98	17,0
8.	Kowno	1 604	150 258	1,1	1 654 515	1 549 444	0,10	9,7
9.	Minsk	50 027	505 175	9,9	1 958 139	2 156 123	2,30	23,4
10.	Mohilew	13 849	433 129	3,2	1 514 062	1 708 041	0,81	25,3
11.	Orenburg	28 355	157 657	18,0	1 451 524	1 609 388	1,80	9,8
12.	Podolien	35 412	513 425	6,9	2 749 550	3 031 513	1,20	16,9
13.	Warschau	2 158	304 386	0,7	1 797 635	1 933 689	0,11	15,7
14.	Kalisch	971	38 735	2,6	934 078	846 719	0,11	4,6
15.	Kielce	1 022	45 764	2,2	823 862	763 746	0,13	6,0
16.	Lomza	701	35 460	2,2	623 464	585 781	0,12	6,1
17.	Lublin	842	44 142	1,9	1 163 758	1 159 463	0,07	3,8
18.	Petrokow	4 313	171 522	2,6	1 413 709	1 409 044	0,31	12,2
19.	Plozk	1 804	39 011	4,6	649 343	566 877	0,32	6,9
20.	Radom	840	32 226	2,6	853 406	820 363	0,10	3,9
21.	Suwalki	350	16 125	1,9	658 065	604 945	0,06	2,7
22.	Siedlce	714	50 285	1,4	788 299	775 316	0,09	6,5
23	Kurland	373	139 297	0,3	736 127	672 634	0,06	20,7
24.	Livland	520	276 380	0,2	1 321 488	1 300 640	0,04	21,2
25.	Estland	714	87 694	0,2	418 356	413 724	0,05	20,9

26.	× Befsarabien	63 456	465 319	13,8	1 776 532	1 933 436	3,80	24,1
27.	× Wladimir	35 757	756 204	4,7	1 532 542	1 570 733	2,30	48,1
28.	× Wologda	7 872	428 744	1,9	1 362 853	1 365 587	0,58	31,4
29.	× Woronesch	186 662	916 029	19,9	2 719 809	2 546 255	7,30	36,0
30.	× Wjatka	47 478	867 038	5,5	3 067 934	3 082 788	1,50	28,1
31.	× Jekaterinoslaw	148 680	802 357	18,6	1 946 652	2 112 651	7,40	38,0
32.	× Kasan	136 660	705 147	19,5	2 226 580	2 191 058	6,20	32,2
33.	× Kaluga	7 773	278 291	2,8	1 318 291	1 185 726	0,66	23,5
34.	× Kostroma	13 935	541 275	2,6	1 464 515	1 429 228	0,97	37,8
35.	× Kursk	98 995	800 019	12,4	2 622 643	2 396 577	4,10	33,4
36.	× Moskau	31 554	1 749 237	1,8	2 504 449	2 433 356	1,30	71,9
37.	× Nischni-Nowgorod	79 173	657 230	12,1	1 618 819	1 600 304	4,90	41,1
38.	× Nowgorod	6 278	342 402	1,8	1 346 230	1 392 933	0,45	24,6
39.	× Olonez	5 521	136 556	4,0	351 732	365 715	1,50	37,2
40.	× Orel	51 640	719 924	7,1	2 201 356	2 054 749	2,50	35,0
41.	× Pensa	125 422	588 499	21,3	1 610 074	1 491 215	8,40	39,5
42.	× Perm	46 948	757 272	6,3	2 903 837	3 003 208	1,60	25,2
43.	× Poltawa	131 929	1 040 160	12,7	3 095 406	2 794 727	4,70	37,2
44.	× Pskow	1 886	356 540	0,5	1 089 784	1 136 540	0,17	31,4
45.	× Rjasan	46 167	565 400	8,2	1 954 983	1 827 539	2,50	30,9
46.	× Samara	170 380	645 992	26,7	2 699 256	2 763 478	6,20	23,4
47.	× St. Petersburg	4 121	1 279 972	0,3	1 774 298	2 107 691	0,20	60,7
48.	× Saratow	164 123	923 455	17,2	2 509 533	2 419 884	6,80	38,2
49.	× Simbirsk	129 904	641 402	21,3	1 549 616	1 549 461	8,40	41,4
50.	× Smolensk	3 887	389 107	1,0	1 518 957	1 551 068	0,25	25,1
51.	× Taurien	81 114	635 106	13,1	1 268 019	1 443 566	5,50	44,0
52.	× Tambow	292 675	1 109 848	26,4	2 963 150	2 715 453	10,80	40,8
53.	× Twer	3 541	529 542	0,7	1 951 680	1 609 388	0,22	32,9
54.	× Tula	20 455	494 090	4,1	1 567 516	1 432 743	1,40	34,5
55.	× Ufa	67 037	499 060	13,5	2 146 354	2 220 497	3,00	22,5
56.	× Charkow	142 790	1 046 083	13,7	2 612 226	2 509 811	5,70	41,7
57.	× Cherson	54 486	726 071	7,6	2 408 895	2 732 832	2,00	26,6
58.	× Tschernigow	74 880	767 306	10,1	2 357 155	2 321 900	3,20	33,0
59.	× Jaroslaw	5 779	365 400	1,6	1 185 811	1 072 478	0,54	34,7
60.	Land der Donschen Kosaken	77 092	504 340	15,4	2 219 829	2 575 818	3,00	20,0

Ich werde deshalb in jedem Gouvernement immer nur das Verhältnis der Malariafälle zur Gesamtzahl aller Erkrankungen berücksichtigen. Noch zwei Umstände werden mit zu Gunsten dieses Verfahrens und gegen die Berücksichtigung des Verhältnisses zur Bevölkerungszahl sprechen.

Erstens mufste die Bevölkerungszahl für jedes Gouvernement bis zum Jahre 1897 stets ausgerechnet werden, da sie nicht direkt bekannt war, denn die erste allgemeine Volkszählung in Rufsland fand erst im Jahre 1897 statt. Diese Volkszählung ergab, dafs die Abweichung der ausgerechneten Bevölkerungszahl eines Gouvernements von der direkt ermittelten bis zu 10% und mehr betragen konnte, also oft recht bedeutend war.

Zweitens gehört in manchen Gouvernements des europäischen Rufslands (namentlich ganz im Osten und Südosten) ein mehr oder weniger grofser Teil der Landbevölkerung ganz unkultivierten Volksstämmen an, welche nur in geringem Grade ärztliche Hilfe aufsuchen, auch wenn dieselbe reichlich geboten wird.

Um eine Malariakarte für Europäisch-Rufsland aufzuzeichnen habe ich für jedes Gouvernement die jährliche Durchschnittszahl der Malariafälle und die jährliche Durchschnittszahl aller Erkrankungsfälle für die Jahre 1893, 1894 und 1895 ausgerechnet und dann das Verhältnis der ersten zur zweiten Zahl ermittelt. Es ergab sich, dafs in einigen Gouvernements das Verhältnis der Malariafälle zu allen Erkrankungsfällen weniger als 1%, nur einige Zehntelprozent ausmacht, in anderen bis zu 5% und 10% beträgt, in anderen wiederum 15% und 20% und nur in wenigen von 20% bis etwas über 25% steigt. In keinem Gouvernement des europäischen Rufslands steigert sich diese Zahl bis zu 30%; dagegen wird dieser Prozentsatz in manchen Gegenden des asiatischen Rufslands (des Kaukasus und Transkaspiens), in welchen eine viel heftigere Malaria herrscht, noch weit überschritten.

Um die Karte zu entwerfen, habe ich die ermittelten Zahlen nach ihrer Höhe in 6 Rubriken — Malariagebiete oder Malariazonen — eingeteilt und zwar:

I. Zone	= Gouvernements	mit	20,1%	und mehr	Malariafälle
II. »	= »	»	15,1%	bis 20,0%	»
III. »	= »	»	10,1%	» 15,0%	»
IV. »	= »	»	5,1%	» 10,0%	»
V. »	= »	»	1,1%	» 5,0%	»
VI. »	= »	»	0	» 1,0%	»

Diese 6 Zonen habe ich auf einer Karte Rufslands mit Gouvernementseinteilung in verschiedenen Schattierungen hervorgehoben und so ein anschauliches Bild der Malariaverbreitung erhalten. Sehen wir nun näher zu, was diese Karte in Bezug auf die Ausdehnung und Lage der einzelnen Malariazonen ergibt.

Die I. Zone, mit höchster Malariafrequenz von 20,1% und mehr, bildet ein zusammenhängendes Ganzes im südöstlichen Rufsland und gehört hauptsächlich dem Gebiet der mittleren und unteren Wolga an, mehr auf dem flachen Ufer derselben sich ausbreitend. Diese I. Zone umfafst 5 Gouvernements und zwar Astrachan, Ssamara, Ssimbirsk, Pensa und Tambow, von denen die zwei letzteren nicht an der Wolga selbst, sondern an einigen ihrer Nebenflüsse liegen.

Die II. Zone, das Gebiet der zweitstärksten Malariafrequenz (15,1%—20,0%) nimmt eine gröfsere Bodenfläche ein, schliefst sich an die erste Zone an und bildet 3 verschieden grofse, abgegrenzte Gebiete, welche in der Richtung von Südwest nach Nordost aufeinander folgen und zusammen mit der ersten Zone das südöstliche Viertel von Europäisch-Rufsland einnehmen. Die 2 kleineren Gebiete dieser II. Zone werden von je einem Gouvernement gebildet, das eine (mittlere) von Kasan, das andere (nordöstliche) von Orenburg, während das gröfsere südwestliche von den Gouvernements Jekaterinoslaw, Woronesch, Ssaratow und vom grofsen Gebiet der Donschen Kosaken gebildet wird.

Auch die III. Zone, in der die Malariafälle 10,1%—15% aller registrierten Erkrankungsfälle ausmachen, tritt in einzelnen abgegrenzten Gebieten — 5 an der Zahl — auf, welche ebenfalls eine unzweideutige Richtung von Südwest nach Nordost einhalten.

Während die 2 südwestlichen Gebiete dieser III. Zone von Bessarabien und Taurien gebildet werden und die 2 nordöstlichen

vom Gouvernement Nishni Nowgorod und Gouvernement Ufa, besteht das gröfste mittlere Gebiet aus einem Komplex von 4 Gouvernements (Tschernigow, Poltawa, Kursk und Charkow), und zieht sich vom flachen linken Ufer des mittleren Dniepr nach Osten bis zur II. Zone.

Die IV. Zone mit 5,1%—10% Malaria zeigt ebenso unzweideutig die Richtung von Südwest nach Nordost. Sie besteht aus 2 gleich grofsen Endgebieten und 2 ganz kleinen, dazwischen gelagerten. Zum südwestlichen Endgebiet gehören 6 Gouvernements: Cherson, Wolynien, Podolien, Kiew, Grodno und Minsk; es liegt zum Teil der österreichischen Grenze an. Das grofse nordöstliche Endgebiet dieser IV. Zone, ebenso ausgedehnt wie das eben genannte, wird von 2 mächtigen Gouvernements, Perm und Wjatka gebildet. Die mittleren 2 kleinen Gebiete werden vom Gouvernement Orel und vom Gouvernement Rjäsan eingenommen.

Die vorletzte V. Zone mit spärlicher Malaria (1%—5%) zieht ebenfalls von Südwest nach Nordost (von Polen nach dem Nord-Ural). Ihr mächtiges Gebiet nimmt einen bedeutenden Teil der gröfseren nördlichen Hälfte Rufslands ein.

Die letzte VI. Zone (mit spärlichster Malaria) endlich wird erstens von dem ganz im Norden gelegenen Gouvernement Archangelsk gebildet, dann aber von einem Komplex von 6 Gouvernements, von denen 4 direkt an der Ostsee liegen (Kurland, Livland, Estland und Petersburg) und 2 sich ostwärts an diese letzteren anschliefsen (Pskow und Ssmolensk). In dieser VI. Zone wird die Malaria nur ganz vereinzelt angetroffen (vielleicht nur bei Zugereisten).

Ein Blick auf die Karte zeigt:

1. Die stärkste Malariafrequenz findet sich im südöstlichen Rufsland. Von hier aus vermindert sie sich nicht allein nach dem Norden hin, sondern merkwürdigerweise ganz ebenso auch in der Richtung nach Westen, trotzdem hierbei der Süden nicht verlassen und derselbe Breitengrad nicht überschritten wird.

2. Schliefst man die erste (stärkste) und letzte (schwächste) Malariazone aus, so findet man, dafs jede der übrigen Zonen, d. h. die II., III. IV. und V. eine unverkennbare Richtung von Südwest nach Nordost zeigt, mit anderen Worten, dafs jede dieser Zonen in ihrem östlichen Teile nach Norden vorgerückt ist. Dieses Vorrücken kann sehr bedeutend sein und bis zu 10 Breitengraden betragen.

Wodurch werden diese merkwürdigen Tatsachen erklärt?

Vor allem dadurch, dafs das Klima im europäischen Rufsland um so kontinentaler wird, je weiter man nach Osten vorschreitet, um schliefslich streng kontinental zu werden. Im Osten Rufslands wechseln rauhe Winterkälte und unerträgliche Sommerhitze miteinander ab, während im Westen unter denselben Breitengraden ein milder Winter und ein mäfsiger Sommer herrschen. So ist z. B. in der Stadt Ssamara die mittlere Januartemperatur um 10⁰ niedriger, aber die mittlere Julitemperatur um 5⁰ höher, als in dem unter gleicher Breite gelegenen Warschau. In der Stadt Ufa (an der Ostgrenze Rufslands), die 1000 km nördlicher liegt, als die Stadt Ssimferopol in Taurien, ist die mittlere Julitemperatur dennoch dieselbe wie in der letztgenannten Stadt, während die mittlere Januartemperatur um 13⁰ niedriger ist. Die Stadt Ssamara hat dieselbe mittlere Julitemperatur wie Kischinew (in Bessarabien), obgleich sie um volle 8 Breitengrade nördlicher liegt. Daraus ersieht man, dafs, um in der gleichen Sommertemperatur zu bleiben, wie im Westen, man im Osten bedeutend nach dem Norden vorrücken mufs.

Da wir die Abhängigkeit der Malariafrequenz (unter sonst günstigen Bedingungen) von der Höhe der Sommertemperatur nur zu genau kennen und in allen Ländern konstatieren können, so finden wir in den eben erwähnten speziellen klimatischen Verhältnissen eine genügende Erklärung für die eigentümliche Malariaverbreitung im europäischen Rufsland. Im Einklang mit diesen klimatischen Verhältnissen steht auch die Tatsache, dafs die Gegend der stärksten Malaria zugleich die der höchsten Sommertemperatur ist. Solche mittlere Julitemperaturen

wie im Südosten (in Astrachan + 25,5°) werden nirgends sonst im europäischen Rufsland beobachtet.

Nur in zweiter Reihe scheint in Rufsland die Bodenerhebung die Malariaverbreitung zu beeinflussen. Der Vergleich der hypsometrischen Karte Rufslands mit unserer Malariakarte zeigt deutlich, dafs häufig die Weiterausdehnung oder das Aufhören einer Malariazone mit der Bodenelevation zusammenhängt. So sehen wir z. B., dafs am mittleren Dnjepr und in manchen Gebieten der Wolga auf dem erhöhten rechten Ufer meist spärlichere Malaria beobachtet wird als auf dem flachen linken Ufer. Aber dieser Faktor kommt, wo es sich um Malariaverbreitung nach Gouvernements betrifft, wie gesagt, erst in zweiter Reihe in Betracht und wird vom Einflufs der hohen mittleren Sommertemperatur bedeutend übertroffen. Dagegen wird er mehr hervortreten, wenn es sich um kleinere Bezirke, einzelne Kreise handelt.

Zum Schlufs möchte ich noch folgende Bemerkung machen. Die Registrierung der Malariakranken und der gesamten Erkrankungsfälle in verschiedenen Gouvernements Rufslands wird von Jahr zu Jahr eine bessere; deshalb sind die absoluten Zahlen für jede Provinz in raschem Steigen begriffen und werden wohl noch viele Jahre mit der Ausbreitung der Kultur und ärztlichen Fürsorge zunehmen. Es ist klar, dafs diese Zahlen nicht überall gleich rasch steigen, so dafs man beim Vergleich der statistischen Daten oder der danach entworfenen Malariakarte der älteren Jahrgänge mit denen der späteren bedeutende Abweichungen feststellen wird. Deshalb hat unsere Malariakarte einen nur bedingten Wert. Eins scheint aber sicher zu sein. Mögen die einzelnen Malariazonen in dem einen oder anderen Jahre sich anders gestalten und an Umfang zu- oder abnehmen, der allgemeine Charakter der Malariaverbreitung im europäischen Rufsland und in erster Linie seine Beeinflussung durch die speziellen klimatischen Verhältnisse wird dennoch immer der gleiche bleiben und in jeder solchen Karte zum Ausdruck kommen.

Archiv

nne Finnland)

von Pulkowo

35 40 45

45 45

hes Meer

40 40

5 20 25

ngsfälle betragen

"

"

"

"

"

Untersuchungen über die gebräuchlichsten, in der Schweiz fabrikmäfsig hergestellten Milchpräparate — pasteurisierte, sog. sterilisierte und kondensierte Milch — mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung, des Keimgehaltes, der Gerinnungsfähigkeit und der Verdaulichkeit „in vitro".

Von

Franz Sidler, Luzern.

(Aus dem Hygiene-Institut der Universität Zürich.)

Die steten Fortschritte in der Chemie haben uns der Kenntnis der innern Zusammensetzung der Nahrungsmittel und der Beschaffenheit der Nährstoffe um einen grofsen Schritt näher gerückt. Denn während die Wissenschaft die chemischen Kenntnisse über unsere Nahrungsmittel von Jahr zu Jahr vermehrt hat, ist sie anderseits nicht minder bemüht, die morphologische und chemische Beschaffenheit aller Teile unseres Körpers einer gründlichen Prüfung zu unterwerfen. So konnte denn auch festgestellt werden, welche Stoffe dem Körper zugeführt werden müssen, um die verschiedenen Teile desselben zu bilden, zu unterhalten und um zugleich die nötige Wärme zu entwickeln, welche für den Umwandlungs- und Verbrennungsprozefs der eingeführten Elemente nötig ist. Und gerade das setzt uns in den Stand, die Ernährung von dem Momente an, wo das Kind zuerst mit der Aufsenwelt in Verbindung tritt, nicht mehr nach blinden, oft von Vorurteilen getrübten Satzungen, sondern nach festen und sichern

Grundsätzen zu leiten. Allerdings müssen wir gestehen, dafs trotz den in allerneuester Zeit zu verzeichnenden Fortschritten auf dem Gebiete der Chemie und Biologie, die so wichtige Frage bis jetzt noch nicht genügend aufgeklärt ist.

Das vornehmste und ausschliefsliche Nahrungsmittel für das Kind bildet die Milch, sei es nun, dafs es dieselbe der Mutterbrust entnimmt, oder sich mit künstlicher Nahrung begnügen mufs. Das Ideal der Kindesnahrung ist und bleibt die Muttermilch und alle Bestrebungen, welche eine Hebung der natürlichen Säuglingsernährung bezwecken, sind allgemein zu unterstützen.

Neuerdings haben sich aus diesem Grunde in einigen gröfseren Städten, wie Dresden, Wien etc. Institute gebildet, die für besondere Fälle gesunde Ammen zur Disposition auch eines weiteren Publikums stellen. In Dresden namentlich hat sich Schlofsmann in Bezug auf die Säuglingsernährung grofse Verdienste erworben.

Bei uns in der deutschen Schweiz ist die Ernährung durch Ammen eine sehr beschränkte und wird nur dazu geschritten, wenn kein Mittel mehr helfen will, um das Kind ernähren zu können. Etwas günstiger steht es in dieser Hinsicht in der französischen Schweiz.

Es liegt daher auf der Hand, dafs die Wissenschaft diese Lücke auszufüllen suchte und ihr dabei das sich stets vervollkommende Milch- und Molkereiwesen hilfreich an die Hand ging. Dasjenige Ersatzmittel, das in erster Linie in Betracht kommt, weil am ehesten in konstanter Zusammensetzung erhältlich und jedermann zugänglich, ist die Kuhmilch. Um aber eine einwandsfreie frische Milch für die Säuglingsernährung zu beschaffen, stöfst man namentlich in bevölkerten Städten oft auf Schwierigkeiten, sei es, dafs vielerorts eine gute Milch nicht erhältlich oder zeitweise Krankheiten des Viehbestandes eine Infektionsgefahr durch Verwendung solcher Milch bedingen. Und sind auch diese Schwierigkeiten gehoben, so mufs man bedenken, wie empfindlich gerade die frische Milch ist, dafs sie keine weiten Transporte verträgt und nicht zum mindesten ihre Haltbarkeit und Güte von Witterungsverhältnissen und anderen Einflüssen sehr abhängig ist.

Da gerade in neuester Zeit die verschiedensten Ersatzmittel für Muttermilch hergestellt und angepriesen werden, so liegt in erster Linie der Hygiene eine gar ernste Verpflichtung ob, zu prüfen, welche Ersatzmittel für Frauenmilch hygienisch zweckmäfsig sind und wie dieselben beschaffen sein müssen.

Während in Deutschland die daselbst im Handel befindlichen Kindermilchpräparate bereits zum Teil vor Jahren chemisch und bakteriologisch vielfach untersucht worden sind, sind für die in der Schweiz in gröfserem Mafsstabe hergestellten Milchprodukte, die als Kindermilch zur Verwendung kommen, bis jetzt, meines Wissens, keine vergleichende Untersuchungen angestellt worden. Mit der immer steigenden Verwendung dieser sterilisierten Milch scheint es daher geboten, darüber eine orientierende Übersicht zu geben, um so mehr, als die Frage der Kinderernährung gegenwärtig eine aktuelle ist. Herr Dozent Dr. Silberschmidt stellte mir daher zur Aufgabe, dieselben sowohl chemisch als auch bakteriologisch zu untersuchen und auf ihre Verdaulichkeit zu prüfen.

Zur Untersuchung gelangten die Milchpräparate der gröfseren schweizerischen Milchanstalten, die solche als Säuglingsnahrung in den Handel bringen.

Das Untersuchungsmaterial selbst stammte aus Apotheken und Milchablagen, in denen die fertigen Milchprodukte zum Verkaufe gehalten werden. Zu den Verdauungsversuchen wurde von der Société d'industrie laitière à Yverdon in zuvorkommender Weise eine Anzahl ihrer Milchproben zur Verfügung gestellt. Die untersuchten Milchsorten sind in nachfolgender Tabelle (S. 8 u. 9) zusammengestellt:

I. Chemischer Teil.

Das Gebiet der Eiweifskörper der Milch bildet für den Chemiker gewissermafsen eine »terra incognita«. Einzelne Forscher behaupten, dafs in der Milch überhaupt nur ein Eiweifskörper existiere und aus diesem Grunde nimmt Duclaux (12) nur die Anwesenheit von Casein an und zwar als festes, kolloidales oder gelöstes und pflichten ihm viele andere Forscher bei, wie Pfeifer (54),

Tabelle I.

Bezugsquelle resp. Fabrikant	Gröfse und Verschlufs	Aussehen und Geschmack	Preis Cts.	Bemerkungen
1. Zentralmolkerei Zürich	$^1/_2$ l-Flasche mit Gummiverschlufs und Drahtbügel	Die Milch hat eine schwachgelbliche Farbe, schmeckt nach gekochter Milch	20	Jede Flasche trägt eine Etikette mit der Bemerkung »Sterilisierte Kindermilch«
2. Dr. Gerber, Zürich	$^1/_2$ l-Flasche mit Gummiverschlufs mit Drahtbügel	Im Geschmacke normal wie frische Milch	20	Jede Flasche trägt eine Etikette (Papierstreifen über dem Verschlufs) mit Angabe des Datums der Pasteurisation sowie der Bemerkung »Krankheitskeimfreie Kindermilch«, Sanitätsmilch
3. Berner Alpenmilchgesellschaft Stalden	600 g- und $^1/_1$ l-Flaschen, Gummiverschlufs mit Drahtbügel und Plombe	Farbe der Milch gelblich, mit ausgesprochenem Kochgeschmack	$^1/_2$ = 40 $^1/_1$ = 55	Die Etikette enthält die Vorschriften betreff Aufbewahrung, Behandlung und Gebrauch der Milch
4. Berner Alpenmilchgesellschaft Stalden. Fettmilch nach Prof. Gärtner (Lait maternisé)	600 g-Flaschen, Gummiverschlufs mit Drahtbügel	Milch hat eine gelbliche Farbe und leichten Kochgeschmack, schmeckt wässerig und fad	40	Etikette trägt nur die Inschrift »Lait maternisé«

5. Société d'industrie laitière à Yverdon	6 Dz.-l-Flaschen, Gummiverschlufs mit Drahtbügel und Plombe	Milch ziemlich rein weifs, Kochgeschmack nur wenig verratend	40	Etikette »Lait sterilisé du Jura«
6. Société d'industrie laitière à Yverdon, Backhausmilch Nr. 1	6 Dz.-l-Flaschen, Gummiverschlufs mit Drahtbügel und Streifen mit der Bezeichnung »Laithumanisé«	Farbe der Milch gelblichweifs, mit Stich ins Graue, Kochgeschmack kommt wenig zum Ausdruck	50	Etikette »Lait humanisé du Prof. Backhaus«
7. Basler Konsumverein	½ l mit Verschlufs wie bei Limonadenflaschen	Farbe der Milch ist wechselnd, bald mehr bald weniger gelblich-weifs	20	Über dem Drahtbügel Streifen mit der Aufschrift »Sterilisierte Kindermilch«
8. Anglo Swiss Condensed Milk Company Cham	Büchse mit Lötung, Bruttogewicht 495,0	Konsistenz dickflüssig, weifs mit Stich ins Gelbliche	60	Etikette mit Reklame und Gebrauchsanweisung
9. Nestle, Vevey, Vicking-Milch	Büchse ohne Lötung, 430,0	Konsistenz sirupös, leicht fliefsend, Farbe stark gelblich mit ausgesprochenem Kochgeschmack	50	Etikette mit Reklame und Gebrauchsanweisung
10. Condensed Swiss Milk Export-Company Romanshorn	Büchse ohne Lötung	Konsistenz sirupös, Farbe gelbbraun, im Geschmack nach stark gekochter Milch	50	Etikette mit Reklame und Gebrauchsanweisung
11. Berner Alpenmilchgesellschaft »Swiss-Milk«	Büchse ohne Lötung, Bruttogewicht 495,0	Konsistenz dickflüssig bis zähe, Farbe stark gelblich, Kochgeschmack	60	Etikette mit Gebrauchsanweisung und Reklame

Biedert (3), Peters (52) etc. Im Gegensatz zu ihnen steht Sebelien (73), der das Kasein und Albumin genauer untersuchte und nachwies, dafs im Kasein das Element Phosphor vorkommt, welches dem Albumin absolut fehlt und ferner auf den geringen Schwefelgehalt des Albumins gegenüber dem Kasein aufmerksam machte. Noch weiter als genannte Forscher gehen Danilewsky (6) Radenhausen (11), die das Eiweifs in zahlreiche Einzelkörper zerlegt haben wollten, was aber Hammarsten (27) widerlegte. Diese Widersprüche finden ihre Erklärung wohl darin, dafs gerade die Eiweifsstoffe höchst molekulare, komplizierte Gebilde darstellen, die sich gewissermafsen stets in einem labilen Zustande befinden und durch chemische und physikalische Einflüsse, durch Enzyme, Fermente, Bakterien etc. in die stabilen Formen übergehen, die sich uns als Umwandlungs- und Abbauprodukte repräsentieren. Davon abgesehen, können wir zur Zeit die Anwesenheit dreier Eiweifsverbindungen in der Milch als gesichert annehmen, nämlich das Kasein, Albumin und Globulin, von denen wir allerdings auch nicht wissen, ob sie einheitliche Stoffe sind oder ob sich eines Tages ihre weitere Zerlegbarkeit zeigen wird. Neben diesen 3 Eiweifskörpern will Schmidt-Mühlheim (5) Pepton als steten, normalen Bestandteil nachgewiesen haben, während Sebelien (73) durch zahlreiche Untersuchungen zu einem entgegengesetzten Resultate kommt und in diesem Sinne von andern Forschern unterstützt wird.

Für unsere Zwecke kommt hauptsächlich in Betracht, in welchem Verhältnisse zueinander diese Eiweifsstoffe in der Milch, in unserem Falle speziell in der erhitzten Milch vorhanden sind.

In neuester Zeit hat man sich vielfach mit den Eiweifskörpern der Milch beschäftigt und biologische Untersuchungen haben den Nachweis erbracht, dafs diesen Stoffen eine grofse Bedeutung zukomme. Es ist aber doch darauf aufmerksam zu machen, dafs die andern Bestandteile, namentlich die Salze, neben Fett- und Zuckergehalt auch Berücksichtigung finden müssen. Ich habe aus diesem Grunde die vollständige chemische Untersuchung ausgeführt von Präparaten der oben genannten

schweizerischen Milchanstalten. Dafs ich nicht alle derartigen Milchpräparate, die in der Schweiz überhaupt hergestellt werden, untersucht habe, ist erklärlich, weil viele nur in einen beschränkten Vertrieb kommen. Wenn daher die Arbeit keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen kann, so gestattet sie doch, ein allgemeines Urteil über die Präparate zu gewinnen.

A. Untersuchungsmethoden.

Trennung der Eiweifskörper.

Um das Kasein, Albumin und Globulin fraktioniert zu bestimmen, existieren sehr wenig Methoden. Das älteste Mittel und am meisten in der Technik (Käserei) angewendete, ist das Lab, dem Hammersten (26) eine spezifische Wirkung auf das Kasein zuschreibt. Auch durch Säuren ist das Kasein abscheidbar, aber in ganz anderem Sinne. Durch das Labferment nämlich wird das ursprüngliche Kaseinmolekül gespalten, wir haben in der Flüssigkeit — also nach der Gerinnung — 2 neue Körper, von denen der eine das Paracasein (Schultze)- Käse, Caseum (Hammarsten) ist, während der andere, das Molkeneiweifs oder Molkenalbumin, in Lösung bleibt und dem gewöhnlichen Eiweifs sehr ähnlich ist, so dafs man das Ganze als einen hydrolytischen Prozefs auffassen kann. — Durch das Lab allein ist also das Kasein nicht quantitativ ausfällbar. Die älteste und bekannteste chemische Methode, um Kasein und Albumin voneinander zu trennen, ist diejenige, welche Hoppe-Seyler (31) ausgearbeitet hat, und zwar durch Zusatz von Essigsäure und Einleiten von CO_2, wodurch das Kasein ausfällt, während das Albumin gelöst bleibt und nachträglich durch Sieden abgeschieden wird. Bis 1896 war dies die beste und angewandteste Methode; dann gab Schlofsmann (58) die Kali-Alaunmethode bekannt, die auch ich schliefslich angewendet habe, um so mehr, als Simon (63) an Hand zahlreicher Untersuchungen dieselbe sehr scharf und exakt fand.

Nach derselben werden 20 ccm Milch mit 3—5 Teilen Wasser verdünnt und auf 40° C. erwärmt, alsdann tropfweise von einer gesättigten Kali-Alaunlösung so lange zugesetzt, bis eine Koagu-

lation und rasches Absetzen der Koagula erfolgt. Nach Vollendung der Abscheidung wird einige Minuten stehen gelassen und dann filtriert. Das Filter wird nach dem Auswaschen nach Kjeldahl verbrannt. Das Filtrat wird zur Abscheidung des Albumins und Globulins mit 20 ccm Almèns[1])-Reagens versetzt und der Niederschlag nach dem Abfiltrieren ebenfalls in N umgewandelt. Im Restfiltrate verbleiben somit nur mehr die sogenannten Extraktivstoffe, die ich in einem Erlenmeyer einengte und in gleicher Weise nach Kjeldahl veraschte.

Bei der Kuhmilch ist die Abscheidung des Kaseins stets eine prompte, bei der Frauenmilch dagegen bedarf es beim Erwärmen eines Zusatzes von Kochsalz und beim Filtrieren eines solchen von Calciumphosphat.

Von Schlofsmann (58) bin ich insoferne abgewichen, als das Fett, nach Simon (63) nicht aus dem Kaseinniederschlage im »Soxhlet« bestimmt wurde, sondern in einer gesonderten Probe der Milch nach der Gerberschen Methode.

Was nun das Schlofsmannsche Reagens als solches anbetrifft, so gibt Schlofsmann (58) in seiner Originalvorschrift nicht an, ob das von ihm verwendete Kali-Alaun käufliches (säurehaltiges) war. Dies legte den Gedanken nahe, es könnte die Kaseinfällung zum Teil eine blofse Säuregerinnung sein und zwar um so mehr, als ich mich überzeugte, dafs die meisten sogenannten chemisch reinen Kali-Alaunsorten bis 12 % freie Säure enthielten. Dies gab Veranlassung, für die Untersuchungen eine säurefreie Kali-Alaunlösung herzustellen in der Weise, dafs eine gesättigte Kali-Alaunlösung mit einer Mischung von 2 Teilen Alkohol und 3 Teilen Äther versetzt wurde. Das abgeschiedene Alaun wurde dann abfiltriert, mit Alkohol-Äther so lange ausgewaschen, bis die abfliefsende Flüssigkeit Lackmus nicht mehr veränderte, hieraut einige Male mit Wasser nachgewaschen und getrocknet. Aus dem so gereinigten Kali-Alaun stellte ich nun das Schlofsmannsche Reagens her, das das Kasein quantitativ abschied. Es ist demnach das Kali-Alaun ein spezifisches Reagens für Kasein.

1) Almens-Reagens: 4 g Gerbsäure, 8 ccm Essigsäure (25 %), 190 ccm Spirit. dilect. (40—50 %).

Nach dem Gesagten gelingt es drei Gruppen von Eiweifsstoffen zu trennen und zwar:

I. das Kasein, durch Schlofsmanns Reagens. Nebenbei bemerkt, gestattet die Beschaffenheit des Kasein-Coagulums bei einiger Übung, gekochte und ungekochte Milch voneinander zu unterscheiden, und im ersteren Falle auch ein Urteil auf die ungefähre Höhe und Dauer der Erhitzung.

II. Haben wir im Filtrat vom Kaseinniederschlag die gelösten Eiweifskörper: das Albumin und Globulin.

Das Globulin läfst sich mittels Magnesiumsulfat vom Albumin trennen. Ich habe aber von einer besonderen Globulinbestimmung Umgang genommen, da beide bezüglich ihres physiologischen Verhaltens nach Schlofsmann (58) so nahe stehen, dafs man sie ohne weiteres zusammen als »wasserlösliches Eiweifs« in Anrechnung bringen kann. Den vorwiegenden Prozentsatz nimmt das Albumin ein, während das Globulin darin ziemlich stark zurücktritt. Auch der Gehalt an Globulin ist nach Simon (63) keine konstante Gröfse, sondern weiten Schwankungen unterworfen. Deshalb schied ich beide Körper stets durch Almèns-Reagens ab und bestimmte den N-Gehalt nach Kjeldahl (Wilfarthsche Modifikation (67).

III. Im Filtrate des Albumin- und Globulinniederschlages haben wir die 3. Gruppe der N-haltigen Körper, die stets als Extraktivstoffe angeführt sind. Dafs wir dieselben zu den Eiweifskörpern oder eiweifsartigen Stoffen zählen dürfen, scheint nach den bisherigen Forschungen ziemlich ausgeschlossen, denn weder mit Gerbsäure noch Phosphorwolframsäure oder den sonstigen spezifischen Eiweifsreagentien ist im Restfiltrat eine Reaktion zu erzielen. Viel näher liegt es, dazu jene N-haltigen Stoffe zu rechnen, die im Laufe der letzten Jahre von zahlreichen Untersuchern der Milch aufgefunden wurden, so von Hoppe-Seyler (32) das Lecithin und Leucin (33), von Schmidt-Mühlheim (57) das Hypoxanthin, von Lefort (38) der Harnstoff, Th. Weyl (70) das Kreatin, von Commaille (9) das Kreatinin, Musso (47) das Rhodannatrium, von Siegfried das Nucleon (61). Wie wir sehen, handelt es sich hier zum grofsen Teil um Stoffe, die

wir zu den Abbauprodukten des Eiweifsmoleküls rechnen, und ist es nicht ausgeschlossen, dafs diese Stoffe durch die Lebenstätigkeit von Mikroorganismen aus dem Eiweifs abgebaut wurden, um so mehr, als es sich zumeist um recht kleine Mengen handelt. Immerhin müssen wir das Gebiet der Extraktivstoffe als ein ziemlich unbekanntes ansehen.

Schlofsmann (58) behauptet sogar, dafs für ihr obligatorisches Vorhandensein in absolut frischer Milch ein unanfechtbarer Beweis noch nicht erbracht worden sei.

Die übrigen chemischen Untersuchungen der Kindermilch geschahen an Hand des schweizerischen Lebensmittelbuches für Nahrungsmittelchemiker (80). Nur wurde der Gehalt des Zuckers auf jodometrischem Wege nach der Methode Lehmanns (39) bestimmt.

B. Untersuchung der einzelnen Kindermilchsorten.

Wir können drei Gruppen von Milchpräparaten unterscheiden:

I. Die pasteurisierte Kindermilch.

Sanitätsmilch Dr. Gerber, Zürich.

II. Die sterilisierte:

1. Sterilisierte Kindermilch der Zentralmolkerei Zürich,
2. Sterilisierte Berner Alpenmilch,
3. Gärtners Fettmilch (lait maternisé),
4. Lait sterilisé du Jura,
5. Lait humanisé Backhaus Nr. I,
6. Basler sterilisierte Kindermilch.

III. Die kondensierte:

1. Condensed Swiss Milk Bern,
2. Anglo Swiss Condensed Milk Cham,
3. Kondensierte Milch Romanshorn,
4. Nestlé Milch (Marke Vicking).

Krankheitskeimfreie Kindermilch (Sanitätsmilch) Dr. Gerber, Zürich.

Die Gerber-Milch wird nach einem Verfahren des Inhabers selbst hergestellt. Er geht dabei vorzüglich von den Resultaten

Bitters (6) aus, der in seinen sorgfältigen Untersuchungen nachgewiesen hat, dafs die wichtigeren pathogenen Mikroben, die in die Milch übergehen und sie gesundheitsschädlich machen könnten, eine längere Einwirkung von 60—70° C. nicht auszuhalten vermögen, sondern zu Grunde gehen. Anderseits steht durch die Untersuchungen Duclaux's (13) fest, dafs eine Temperatur von nicht über 70° C. den Geschmack nicht wesentlich beeinflufst, gleichzeitig aber auch die Eiweifskörper noch keine Änderung erleiden.

Gerbers Apparat nun besteht in einem viereckigen abgeteilten Kasten, der auf Rollrädern zum bequemen Transporte ruht. In diesen Kasten kommt die vorher in gut gereinigte Flaschen abgefüllte Milch, während eine besondere Klemmvorrichtung die Flaschenlager festhält. Das Wasser, das man in den Kasten eintreten läfst, bedeckt die Flaschen vollständig, worauf der ganze Kasten durch einen mit Gummieinlage dicht abschliefsenden Deckel, wie bei einem Autoklaven, abgeschlossen wird. Die Erhöhung der Temperatur wird durch Zuleiten von Dampf bewirkt, den man so lange eintreten läfst, bis das Thermometer auf 67° steht, worauf der Dampf abgestellt wird. In diesem Moment tritt eine Rüttelvorrichtung in Funktion, ca. eine Stunde lang. Trotz der Dampfabstellung steigt die Temperatur noch um 1—1½° C., um während einer Stunde fast konstant sich auf dieser Höhe zu halten. Sobald diese Manipulation beendigt, — nach Verlauf einer Stunde, — werden die Flaschen möglichst rasch abgekühlt, um dann in kühlen Lagern zum Verkaufe aufbewahrt zu werden. Morgens und nachmittags, also zweimal im Tage, wird solche Kindermilch frisch zubereitet, indem darauf gesehen wird, dafs die Milch nicht mehr wie 24 Stunden alt wird.

Die Milch gelangt in ½ Liter-Flaschen zum Verkaufe und befindet sich auf jeder Flasche als Verschlufs über dem Drahtbügel ein Firmastreifen mit Angabe des Datums der Pasteurisation. Diese Neuerung Gerbers ist jedenfalls sehr zu begrüfsen und verdiente wohl angestrebt zu werden, dafs jede Büchse oder Flasche das Datum der Verarbeitung trägt.

Die Milch selbst zeigt äufserlich die charakteristische, rein weifse Farbe der rohen Milch. Sie ist angenehm im Geschmack

und tritt ein Kochgeschmack nicht hervor; mit einem Worte, sie verhält sich fast wie rohe Kuhmilch. Ein Unterschied findet nur darin statt, dafs sich das spezifische Gewicht des Milchserums nicht bestimmen läfst, indem die Milch meist gelatinös gerinnt wie die gekochte Milch.

Das Resultat der einzelnen Untersuchungen ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle II.

	I %	II %	III %	IV %	V %	VI %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,031	1,031	1,030	1,030	1,030	1,030	1,030
Fett	3,9	4,2	4,15	4,10	4,15	4,0	4,06
Trockensubstanz . . .	12,69	13,05	12,74	12,68	12,74	12,56	12,74
Fettfreie Trockensubstanz	8,79	8,85	8,59	8,58	8,59	8,56	8,66
Zucker	4,86	4,90	4,60	4,57	4,70	4,65	4,71
Asche	0,76	0,71	0,70	0,72	0,69	0,70	0,71
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	3,17	3,24	3,23	3,22	3,20	3,21	3,21
Davon:							
Kasein	2,50	2,52	2,53	2,62	2,58	2,55	2,55
Albumin + Globulin . .	0,56	0,60	0,59	0,47	0,52	0,55	0,55
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,10	0,12	0,11	0,13	0,10	0,11	0,11

Hier wie bei allen späteren Untersuchungen wurde die Kindermilch von ganz verschiedenen Tagen und verschiedener Sterilisation resp. Pasteurisation zur Untersuchung verwendet. Nach dieser Zusammenstellung bewegen sich demnach sämtliche Werte innerhalb relativ sehr engen Grenzen, es finden keine grofsen Schwankungen statt in der Zusammensetzung, so dafs Gewähr geboten ist, dafs der Konsument stets eine gleichmäfsig zusammengesetzte Milch in die Hand bekommt.

In allen Untersuchungen führe ich neben der fetthaltigen Trockensubstanz die fettfreie an, da die Werte derselben viel konstanter sind und weniger grofse Schwankungen zeigen als die gesamte Trockensubstanz.

Die Gerbermilch ist die einzige pasteurisierte Milch, die ich in den Kreis meiner Untersuchungen einbezogen habe, obschon auch andere Schweizerstädte Milchanstalten besitzen, in denen

solche pasteurisierte Milch hergestellt wird. Die »Sanitätsmilch« dient somit als Prototyp einer pasteurisierten Kindermilch.

Sterilisierte Kindermilch der Zentralmolkerei Zürich.

Die Kindermilch der Zentralmolkerei wird im Prinzipe wie die anderen sterilisierten Kindermilchsorten hergestellt. Ein wesentlicher Unterschied besteht hier in der Vorwärmung der Milch.

Die Milch wird nach dem Filtrieren mittels Dampf auf ca. 55—60° C. vorgewärmt. Diese vorherige Temperaturerhöhung bewirkt wohl, dafs ein Teil der in der Milch stets enthaltenen sporenbildenden Bakterien zum Auskeimen gelangen, während anderseits weniger hitzeresistente Mikroorganismen abgetötet werden. Durch automatische Abfüllvorrichtungen wird die vorgewärmte Milch in gut gereinigte Flaschen gebracht, letztere verschlossen und nun in den eigentlichen Sterilisationsapparat gebracht, einen Autoklaven, in welchem mittels gespannten Dampfes eine solche Temperaturerhöhung bewirkt werden kann, dafs die Milch nach den Angaben, die nun mir gemacht wurden, auf 102° C. erhitzt ist, auf welcher Temperatur sie während 35 Minuten gehalten wird. Nach dieser Zeit wird der Apparat geöffnet und die Flaschen herausgenommen. Um einen raschen Temperaturabfall, der erfahrungsgemäfs zur besseren Haltbarkeit der sterilisierten Milch notwendig ist, herbeizuführen, stellt man die Flaschen in einen Eiskasten, in welchem sie bis zum Verkaufe belassen werden.

Diese Sorte sterilisierter Kindermilch ist im Handel erhältlich in Flaschen à $^1/_2$ Liter.

Die Milch zeigt infolge der Erhitzung auf über 100° C. nicht mehr die rein weifse Farbe der gewöhnlichen Marktmilch, sondern hat einen Stich ins Gelbliche und der Kochgeschmack tritt deutlich hervor.

Das Ergebnis der chemischen Untersuchung lege ich in folgender Tabelle nieder:

Tabelle III.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,031	1,031	1,031	1,032	1,031	1,031
Fett	3,85	4,15	3,85	3,90	3,80	3,91
Trockensubstanz	12,63	12,93	12,63	12,94	12,57	12,72
Fettfreie Trockensubstanz	8,78	8,83	8,78	9,04	8,77	8,84
Zucker	4,74	4,80	4,76	4,88	4,74	4,78
Asche (Salze)	0,70	0,71	0,68	0,76	0,70	0,72
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	3,35	3,32	3,34	3,40	3,33	3,33
Davon:						
Kasein	3,04	2,99	2,97	3,06	3,03	3,01
Albumin + Globulin . .	0,21	0,23	0,26	0,22	0,20	0,22
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,10	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10

Nach dem Resultate dieser Analysen können wir diese sterilisierte Kindermilch als eine gute Vollmilch bezeichnen in Bezug auf spez. Gewicht, Fett und Trockensubstanz, Salze und Zucker.

Sterilisierte Berner Alpenmilch.

Eine der ersten Gesellschaften, die sich in der Schweiz mit der Herstellung von sterilisierter Kindermilch befafste, ist die Berner Alpenmilchgesellschaft in dem inmitten grüner Weiden gelegenen Stalden im Emmental, Bern.

Durch die Freundlichkeit des Herrn Direktors Muheim, war es mir vergönnt, das ganze Etablissement unter seiner Führung zu besichtigen, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

Es sei mir erlaubt, auf das in dieser Anstalt geübte Verfahren der Milchsterilisation etwas näher einzutreten.

Die Milch, welche als Kindermilch verarbeitet wird, ist diejenige, welche morgens früh eingeht aus den nächst gelegenen Stallungen und Bauernhöfen. Dabei wird gleichzeitig darauf gesehen, dafs nur die Milch ganz gesunder Kühe verwendet wird, schon aus dem Grunde, weil diese Milch allein sich leicht und sicher sterilisieren läfst. Abendmilch kommt nicht in Betracht, weil es nicht möglich ist, dieselbe am gleichen Tage zu verarbeiten

und ein Aufbewahren der zur Sterilisation bestimmten Milch, namentlich in den wärmeren Jahreszeiten, besondere Kühlanlagen beanspruchen würden und auch dann noch die Sterilisation erschwert wäre.

Die Milch gelangt beim Melken in Gefäfse, die von der Gesellschaft gereinigt und, im Wasserdampfe sterilisiert, geliefert werden.

Der Sterilisationsapparat selbst besteht aus einem runden Metallkessel von dosenförmiger Gestalt, dessen oberer Teil den Deckel bildet und sich mittels eines Hebewerkes leicht bedienen läfst. Die Kupferplatten, aus denen der Kasten hergestellt ist, sind innen verzinnt und doppelwandig mit einer Isolierungsschicht. Der Teil des Kastens, welcher zur Aufnahme der Flaschen dient, läfst sich mittels Rollfüfsen, die auf Schienen laufen, im Lokale fortbewegen. Die Dampfzuleitungsrohre münden in den Boden des Apparates und werden durch einen Dampfentwickler gespeist, der einen Dampf von 2—4 Atmosphären Spannung zu liefern im stande ist. Durch Tuben im Deckel des Apparates sind Thermometer eingesteckt, die die Temperatur des Innenraumes und auch der Milch abzulesen gestatten.

Bevor die Milch zum Sterilisieren in die Flaschen kommt, werden dieselben selbst zuerst leer sterilisiert. Das Reinigen derselben wird in besondern Lokalen und mit eigens dafür konstruierten Reinigungsapparaten vorgenommen, um sie von jedem anhängenden Milchrest sicher zu befreien. Nach dieser gründlichen Reinigung werden die leeren Flaschen, die Gummiringe und die Verschlüsse gesondert, in einem speziell hierfür konstruierten Apparate sterilisiert. Nachdem die Flaschen so im Dampfstrome behandelt worden sind, werden die Gummiringe aufgestreift, die Flaschen mit Hilfe von Füllapparaten mit der Milch gefüllt, wieder in den Sterilisationsapparat gebracht, zu welchem Zwecke sich in dem untern Teil des Apparates passende Einsätze befinden. Zwischen den Einsätzen sind Druckstücke, mit deren Hilfe die Drahtbügel der Flaschen nach der Sterilisation von aufsen automatisch heruntergedrückt und die Flasche geschlossen werden kann.

Der Wasserdampf wird bei einer Spannung von ca. 1½ Atmosphären eingeleitet; das Ventil wird erst dann geschlossen, wenn die Luft im Apparate völlig verdrängt worden ist. Die Dampfspannung wird soweit getrieben, dafs die Temperatur je nach der Beschaffenheit der Milch im Maximum 107—110° C. beträgt. Diese Temperatur läfst man 10 bis 15 Minuten lang einwirken.

Sofort nach dem Aufwallen findet die automatische Schliefsung der Flaschen statt. Dadurch wird ein luftverdünnter Raum geschaffen, der die Ursache der sogen. Knallprobe ist, worauf jede Milchflasche vor dem Gebrauche geprüft werden soll. Die Flaschen werden nun rasch abgekühlt, in kaltes Wasser eingetaucht und versiegelt.

Tabelle IV.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,030	1,031	1,029	1,029	1,028	1,029
Fett	3,3	3,3	3,2	3,5	3,4	3,34
Trockensubstanz	11,72	12,07	11,35	11,71	11,34	11,63
Fettfreie Trockensubstanz	8,42	8,77	8,15	8,21	7,94	8,29
Zucker	4,56	4,90	4,30	4,30	4,25	4,46
Asche	0,70	0,71	0,67	0,68	0,64	0,68
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	3,17	3,17	3,18	3,23	3,10	3,16
Davon:						
Kasein	2,85	2,82	2,82	2,88	2,77	2,82
Albumin + Globulin . .	0,22	0,25	0,26	0,24	0,23	0,24
N-Rest-Stoffe	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10

In den Handel kommen zwei Gröfsen à 1 l und 6 Dz.-l. Äufserlich verrät die Milch schon die Einwirkung der hohen Temperatur, die rein weifse Farbe der rohen Milch ist gewichen, die Farbe hat einen starken Stich ins gelbliche und tritt der Kochgeschmack beim Kosten deutlich hervor; trotzdem ist die Milch im Geschmacke angenehm.

Das Ergebnis der Untersuchung ist aus vorstehender Zusammenstellung ersichtlich.

Auf das Resultat der Untersuchung dieser Kindermilch — wie auch der andern — werde ich am Ende des chemischen Teiles noch zurückkommen.

Prof. Gärtners Fettmilch (lait maternisé).

In einer medizinischen Erstlingsschrift wies Biedert (4) im Jahre 1869 nach, dafs sich die Frauenmilch von der Kuhmilch wesentlich unterscheide durch das verschiedene Verhalten des Kaseins sowohl in chemischer als in quantitativer Beziehung. Er schlug deshalb zum ersten Male vor, den Gehalt an Kasein in der Kuhmilch zweckentsprechend herabzumindern, ohne den Fettgehalt zu verändern und veröffentlichte 1874 in Virchows Archiv seine bisherigen Erfolge mit seinen Rahmgemengen, die er allerdings von der Mutter selbst im Hause bereiten liefs.

Prof. Gärtner in Wien war es, der 1894 die Idee Biederts wieder aufgriff und in die Tat umsetzte, so also den Anstofs gab, dafs die Milch- und Molkereitechnik sich der Ausführung dieses Problems annahm. Dabei ging er offensichtlich von der Ansicht aus, dafs, um mit einer solchen Kindernahrung Erfolg zu haben, dieselbe einfach in der Anwendung und von jeder Kompliziertheit abzusehen sei. Während Biedert fünf Rahmgemenge in Vorschlag gebracht hatte, entschied sich Gärtner nur für eine Sorte, dabei betonend, dafs in praxi keine Notwendigkeit vorliege, verschiedene Sorten reiner Fettmilch mit abgestuftem Kasein und Fettgehalt herzustellen. Demgemäfs schlägt Gärtner auch vor, die betreffende Mischung solange dem Kinde zu verabreichen, bis es zu einer gemischten Nahrung übergehen könne und den Übergang zur Vollmilch durch entsprechenden Zusatz von Vollmilch zu seinem Rahmgemenge allmählich zu vollziehen. Gärtners Fettmilch ist nichts anderes als eine Rahmmilch.

Nach seinem patentierten Verfahren wird die Milch mit gleichen Teilen Wassers verdünnt und zentrifugiert. Die Zentrifuge ist so eingestellt, dafs die Milch in zwei Schichten getrennt wird, welche gesondert aufgefangen werden können: der spezifisch leichtere Teil ist Fettmilch, der andere Magermilch.

Die so gewonnene Kindermilch enthält fast das gesamte Fett der Vollmilch, während sich in der entstehenden Magermilch nur mehr 0,1—0,2 % vorfinden, gleichzeitig das ganze zugesetzte

Wasser, die Hälfte des in der Milch enthaltenen Kaseins, die Hälfte des Zuckers und der Salze.

Nach **Gärtner** (24) ist die Zusammensetzung derselben:

	Kasein	Fett	Zucker
Fettmilch	1,76 %	3,0 %	2,4 %
Kuhmilch mit gleichviel Wasser	1,76 %	1,81 %	2,4 %
Frauenmilch	1,82 %	3,94 %	6,23 %

Nach ihm unterscheidet sich also die Fettmilch nur durch den geringen Zuckergehalt von der Frauenmilch, was sich aber durch Zusatz einer adäquaten Menge Milchzuckers ausgleichen läfst.

Tabelle V.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,0164	1,0154	1,0145	1,0160	1,0150	1,0154
Fett	3,6	3,5	3,5	3,3	3,4	3,46
Trockensubstanz	8,26	8,15	7,93	7,96	8,01	8,06
Fettfreie Trockensubstanz	4,66	4,65	4,43	4,66	4,61	4,60
Zucker	2,49	2,48	2,30	2,44	2,49	2,45
Asche (Salze)	0,36	0,34	0,35	0,36	0,35	0,35
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	1,81	1,79	1,78	1,86	1,77	1,80
Davon:						
Kasein	1,63	1,55	1,53	1,59	1,54	1,56
Albumin + Globulin . .	0,12	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,06	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09

In Deutschland und Österreich nahmen sich mehrere Milchanstalten der Herstellung und des Vertriebes der **Gärtner**milch an. Auch bei uns in der Schweiz hat dieselbe frühzeitig Eingang gefunden und wird von der Berner Alpenmilchgesellschaft in Stalden neben der sterilisierten Kindermilch hergestellt.

Die Fettmilch besitzt eine gelblichweifse Farbe und verrät einen ausgesprochenen Kochgeschmack.

Die gefundenen Werte finden sich in vorstehender Zusammenstellung.

In erster Linie auffallend ist die für eine Milch geringe Menge Trockensubstanz und deshalb der fade und wäfsrige Geschmack der Fettmilch.

Lait sterilisé du Jura.

Diese Kindermilch wird dargestellt und in den Handel gebracht von der Société d'industrie laitière à Yverdon. Über das System, das bei der Sterilisation in Anwendung kommt, konnte ich nichts erfahren. Die Gesellschaft nimmt dieselbe wie bei allen andern Kindermilchpräparaten in der Flasche selbst vor. Im übrigen führe ich den entsprechenden Passus aus dem Prospekte an.

»Die Milch stammt nur von auserlesenen Kühen, deren Befinden stets einer strengen Kontrolle unterstellt ist. Die Ställe sind aufserordentlich rein gehalten. Sofort nach dem Melken wird die Milch in die nahe gelegene Molkerei gebracht, wo sie einer strengen Analyse unterzogen wird. Die Milch wird alsdann filtriert, was mit sehr vervollkommneten Apparaten geschieht, welche die geringsten Unreinigkeiten, die zufällig in die Milch gelangen könnten, entfernen. Die letzte Operation ist dann die Sterilisation. Diese geht in eigenen, der Gesellschaft patentierten Apparaten vor sich, welche gestatten, diese wichtige Operation unter günstigen Verhältnissen zu vollziehen.«

Die Yverdonermilch läfst vor allen untersuchten Flaschenmilchsorten den Kochgeschmack am wenigsten stark hervortreten. Doch ist der Unterschied kein so grofser, wie man aus dem weitern Text des Prospektes entnehmen könnte. Nach Angabe der Gesellschaft soll die Milch die Temperatur von 104° C. nicht übersteigen und ist die Dauer und Höhe der Temperatur verschieden je nach dem Fettgehalte der Milch.

Es wird nur eine Gröfse von Flaschen geführt à 6 Dz.-l. Die Farbe der Milch ist relativ weifs, sie ist in der Sinnenprüfung sehr angenehm und der Kochgeschmack kommt, wie bemerkt, nicht störend zum Vorschein.

Ich teile im folgenden das Resultat meiner Untersuchung einiger Flaschen mit; von diesen rühren nur zwei von den von der Fabrik direkt zugesandten Milchproben her, die übrigen wurden in Ablagen gekauft.

Tabelle VI.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht . . .	1,030	1,031	1,031	1,029	1,030	1,030
Fett	3,6	3,5	3,6	3,6	3,4	3,54
Trockensubstanz	12,08	12,21	12,33	11,83	11,84	12,05
Fettfreie Trockensubstanz	8,48	8,71	8,73	8,23	8,44	8,51
Zucker	4,46	4,71	4,70	4,38	4,50	4,55
Asche	0,71	0,73	0,74	0,68	0,69	0,71
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	3,32	3,33	3,29	3,20	3,25	3,27
Davon:						
Kasein	2,97	2,93	2,95	2,98	2,90	2,94
Albumin + Globulin . .	0,24	0,26	0,28	0,23	0,25	0,25
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,12	0,11	0,09	0,10	0,12	0,10

Lait humanisé Backhaus Nr. I der »Société d'industrie laitière à Yverdon«.

Backhaus (2) war der Erste, der den üblichen Weg, um zu einer der Frauenmilch ähnlichen Milch zu gelangen, aufgab und in Würdigung der Tatsache, dafs in der Muttermilch die gelösten Eiweifskörper den gröfseren Prozentsatz einnehmen, versuchte, auf künstlichem Wege diesem Verhältnisse mit der Kuhmilch nahezukommen. Er patentierte 1895 ein ganz neues Verfahren, nach welchem er das »widerspenstige« Kasein durch einen Verdauungsprozefs eliminierte, d. h. in Propeptone und Albumosen überführte. Der Vorgang ist dabei folgender:

Mittels Zentrifuge wird aus Vollmilch Magermilch hergestellt; diese auf 40° C. erwärmt und nun Lab und Trypsin unter Zusatz von Natriumkarbonat zugefügt. Das Trypsin löst das Kasein, indem es dasselbe peptonisiert. Nach 30 Minuten wird der überschüssige Teil des Kaseins durch Lab abgeschieden, durch welches es gerinnt, worauf durch Erhöhung der Temperatur auf 80° C. die Fermentwirkung aufgehoben wird. Zu der durch Entfernung des Kaseins erhaltenen Molke wird jetzt eine entsprechende Menge Rahm nebst Kasein zugeführt und zwar so viel, dafs dadurch die Molke ca. 3,5% Fett und ½% Kasein enthält. Der Zuckergehalt wird durch Zusatz von Milchzucker auf denjenigen der

Frauenmilch erhöht. Das ganze Gemenge wird nun gut gemischt, in Flaschen gefüllt und darin sterilisiert.

Die einzige Konzessionsinhaberin in der Schweiz ist die Société d'industrie laitière in Yverdon, welche aber nur eine Sorte, Nr. I, darstellt. Bekanntlich werden in Deutschland (Leipzig, Düsseldorf, München etc.) drei Sorten Backhausmilch dargestellt. Nr. I und Nr. II unterscheiden sich durch ihren Kaseingehalt, der ja nach Backhaus' Verfahren geregelt werden kann. Nr. III dagegen ist nach den Untersuchungen Hartungs (28) und Zweifels (72) nichts anderes wie sterilisierte Vollmilch.

Bevor ich auf das Ergebnis meiner eigenen Untersuchung näher eingehe, will ich die Zusammensetzung der Milch angeben nach dem Prospekte unserer schweizerischen Anstalt.

Tabelle VII.

	Kuhmilch %	Frauenmilch %	Backhausmilch Nr. I %
Wasser	87,70	88.25	88,35
Fett	3,40	3,80	3,25
Albumin	0,50	1,25	1,20
Kasein	3,00	0,50	0,60
Milchzucker	4,80	6,25	6,00
Asche (Salze)	0,70	0,25	0,60

Wenn wir nun diese Zahlenverhältnisse nach Angabe des Prospektes miteinander vergleichen, so müssen wir zugeben, dafs damit die Kluft, welche bis jetzt die Kuhmilch von der Frauenmilch trennte, überbrückt, und somit auch das lang ersehnte Ziel erreicht wäre. Das veranlafst denn auch die Gesellschaft, in ihrem Prospekte zu schreiben: »Das von Prof. Backhaus entdeckte Verfahren erlaubt, wie man sieht, die Muttermilch fast genau nachzuahmen. Dies ist aber nicht der Fall mit nach andern Verfahren hergestellten Präparaten, unter welchen die sogenannte maternisierte Milch in der chemischen Zusammensetzung von derjenigen der Muttermilch bedeutend abweicht. Es ist dies in der Hauptsache eine einfache, mit mehr oder weniger

Wasser gemischte Kuhmilch, welche keinerlei chemische Modifikation erfahren hat und daher keinen Anspruch auf Ersatz der Muttermilch erheben kann.

Das Verfahren von Prof. Dr. Backhaus dagegen, wir können dies nicht genug hervorheben, ist allein im stande, eine humanisierte Milch zu bereiten, welche in jeder Beziehung der Muttermilch gleichkommt. Die humanisierte Milch ist die beste künstliche Nahrung für Kinder in den ersten Monaten.«

Ich führe den Wortlaut der Broschüre nur an, um zu zeigen, wie aus der rein chemischen Zusammensetzung, welche uns namentlich in Bezug auf die Eiweifskörper nur einen geringen Einblick gestattet, von seiten einer Gesellschaft etwas zu weitgehende Schlufsfolgerungen gezogen werden.

Die Milch kommt in Flaschen à 6 Dz.-l in den Handel unter der Bezeichnung »lait humanisé«. Es scheidet sich beim Aufbewahren schon nach einiger Zeit das Rahmgemenge oben ab unter Bildung eines Rahmpfropfens. Das darunter befindliche Serum ist braunweifs gefärbt und am Boden scheidet sich in allen Flaschen ein ziemlich weifser Bodensatz ab, den ich nicht näher bestimmen konnte. Durch Schütteln läfst sich die Milch wieder gut emulgieren und bildet dann eine Flüssigkeit von gelblich-weifsem Aussehen wie gekochte Milch.

Das Resultat von fünf chemischen Untersuchung ist folgendes:

Tabelle VIII.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,0274	1,028	1,028	1,029	1,027	1,0278
Fett	3,2	3,4	3,3	3,5	3,2	3,32
Trockensubstanz . . .	10,85	11,09	11,22	11,71	10,85	11,14
Fettfreie Trockensubstanz	7,65	7,69	7,92	8,21	7,65	7,82
Zucker	5,70	5,75	5,90	6,10	5,85	5,86
Asche	0,55	0,54	0,57	0,61	0,52	0,55
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	1,40	1,40	1,45	1,38	1,32	1,39
Davon:						
Kasein	0,96	0,94	0,97	0,88	0,82	0,91
Albumine	0,32	0,34	0,35	0,38	0,39	0,36
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12

Trotzdem die Fabrik in zuvorkommender Weise eine gröfsere Anzahl von Flaschen zur Verfügung stellte, so habe ich doch nur eine Flasche davon untersucht, die übrigen zu verschiedenen Zeiten aus einer Züricher Apotheke bezogen.

Stellen wir nun die Mittelwerte aus den chemischen Untersuchungen neben die Analyse der Gesellschaft resp. der von Backhaus angegebenen Zusammensetzung, so erhalten wir folgendes Bild:

Tabelle IX.

	Analyse Backhaus %	Eigene Analyse (Sidler) %
Fett	3,25	3,32
Albumine	1,20	0,48
Kasein	0,60	0,91
Milchzucker	6,00	5,85
Asche	0,60	0,55

Was hiernach den Gehalt an Fett, Zucker und Asche anbetrifft, so sind die Unterschiede nicht nennenswert. Für uns kommt hauptsächlich in Betracht das Verhältnis des Kaseins zu den gelösten Eiweifskörpern, denn gerade auf die gelösten Eiweifsstoffe legt Backhaus ein besonderes Gewicht. Backhaus suchte eine Milch herzustellen, die 1,20% gelöste Eiweifsstoffe — von ihm unter dem Sammelnamen Albumin zusammengefafst — enthält und ist in den Broschüren auch obige Zusammensetzung als diejenige der hergestellten Milch angegeben. Nach meiner Untersuchung aber wäre das vorgesteckte Ziel nicht erreicht. Der Gehalt des Kaseins ist ja bedeutend höher. Backhaus gibt nur 0,5% an, während ich 0,91% gefunden habe. Noch gröfser ist der Unterschied in dem Gehalte an gelöstem Eiweifs; Backhaus gibt 1,25% Albumine an, währenddem ich nur 0,48% gefunden habe. Ähnliche Resultate wurden von Hartung (28) mitgeteilt.

Es ist wahrscheinlich, daſs sich diese groſsen Differenzen dadurch erklären, daſs die Untersuchungen von Backhaus an Milchproben ausgeführt wurden, die noch nicht sterilisiert worden waren. Wir werden später sehen, daſs sowohl die Höhe der Temperatur als auch die Dauer ihrer Einwirkung Faktoren sind, die wir nicht auſser acht lassen dürfen, indem sie stark verändernd auf die Eiweiſskörper einwirken. Allerdings verändernd in dem Sinne, als ein Teil der gelösten Eiweiſsstoffe auf Zusatz von Kalialaun mit dem Kaseinniederschlage abgeschieden wird, so daſs im Filtrate nur mehr ein Drittel der ursprünglich gelösten Eiweiſsstoffe nachgewiesen werden kann; der übrige Teil wird vom Kaseingerinnsel eingeschlossen und fällt mit ihm aus.

Die Backhausmilch ist, wie eingangs erwähnt, nach einem Verfahren hergestellt, das von allen anderen prinzipiell abweicht. Wir haben es mit einem partiellen Verdauungsprozeſs der Milch zu tun, bevor sie noch mit dem kindlichen Magen in Berührung gekommen ist. Es sind also in derselben Eiweiſsstoffe vorhanden, die total von denjenigen in der übrigen Kindermilch abweichen. Das ist der Grund, warum ich die gelösten Eiweiſsstoffe etwas näher zu charakterisieren suchte, um dadurch einen Einblick in die innere Zusammensetzung der Backhausmilch zu bekommen. Man darf ja nicht vergessen, daſs der Säuglingsmagen auf viele Stoffe weit eher und intensiver reagiert, als es beim Erwachsenen der Fall ist. Ich untersuchte daher, analog wie es Hartung (28) mit der deutschen Backhausmilch getan, in zwei neuen Proben speziell jene Gruppe, die unter dem Sammelnamen »Albumine« zusammengefaſst ist, denn die ganze Gruppe wurde durch Almèns-Reagens abgeschieden. Es waren also in dem Niederschlage nicht allein das Albumin, sondern auch die sogenannten Lactoproteine, bestehend aus Albumosen und Propepton, die ausschlieſslich durch den Verdauungsprozeſs mit Trypsin entstanden sind und in der ursprünglichen Milch sonst nicht präexistieren.

Das Resultat war folgendes:

Tabelle X.

	I %	II %	Mittel %	Mischungsverhältnis der gelösten N-haltigen Substanzen %
Gesamt-Eiweiſs (N × 6,25)	1,43	1,38	1,40	
Kasein	0,99	0,90	0,94	
Gelöste Eiweiſsstoffe . .	0,44	0,48	0,46	100
Davon:				
Albumin	0,13	0,16	0,14	30
Laktoproteine:				
α) Albumosen . . .	0,09 } 0,25	0,08 } 0,21	0,08 } 0,23	17 } 50
β) Propeptone . . .	0,16	0,13	0,15	33
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,10	0,11	0,10	20

Diese Untersuchung wurde nach König (37) ausgeführt. Bei der Albuminbestimmung wich ich insoferne davon ab, als ich den Albuminniederschlag mit einer gesättigten Kochsalzlösung nachwusch, nachdem ich beobachtet hatte, daſs beim Waschen des Filterrückstandes mit destilliertem Wasser wieder ein Teil des Albumins in Lösung ging, was auf diese Weise vermieden wurde. Das Filter wurde nach Kjeldahl verbrannt. Zur Bestimmung und Trennung der Lactoproteine diente dann wieder das Verfahren nach König (37).

Bereits vor mir sind von Hartung (28) und Olig (80) Untersuchungen der in Deutschland hergestellten Backhausmilch ausgeführt worden und dürfte es von Interesse sein, die Zusammensetzung derselben mit der schweizerischen zu vergleichen, wie dies durch Tabelle XI (S. 352) geschieht.

Die Yverdoner Backhausmilch besitzt danach so ziemlich die gleiche Zusammensetzung wie die in Leipzig hergestellte. Eine Abweichung findet insoferne statt, als bei Leipzigermilch von den gelösten Eiweiſsstoffen nur 6% auf Albumin entfallen, während die Yverdoner Backhausmilch davon 30% enthält, was entschieden als Vorteil anzurechnen ist.

Es ist auf Grund meiner chemischen Untersuchungen die Behauptung, »daſs die humanisierte Milch in jeder Beziehung der Muttermilch gleichkomme«, nicht einmal in chemischer Hinsicht richtig, von den Unterschieden der einzelnen löslichen Eiweiſsstoffe ganz abgesehen.

Tabelle XI.

	Backhausmilch I Düsseldorf nach Olig %	Backhausmilch I Leipzig nach Hartung %	Backhausmilch I Yverdon nach Sidler %	Backhausmilch I laut Prospekt %
Fett	2,73	3,16	3,32	3,25
Trockensubstanz .	9,85	11,07	11,14	—
Asche	0,33	0,55	0,55	0,60
Zucker	—	5,66	5,86	6,00
Gesamt-Eiweifs . .	—	1,32	1,40	1,80
Davon:				
Kasein	0,93	0,86	0,94	0,60
Albumin	0,06 } 0,31	0,03 } 0,37	0,14 } 0,37	} 1,20
Laktoproteine . .	0,25 }	0,34 }	0,23 }	}
N-haltige Rest-Stoffe	—	0,09	0,10	}

Das Kasein der Backhausmilch verhält sich zwar bei der Labgerinnung etwas anders als das gewöhnliche Kuhmilchkasein, indem es auf Zusatz von Labferment in Form grobvoluminöser Flocken gerinnt. Bei den übrigen Milchsorten ist das Kaseingerinnsel spezifisch schwerer als das Molkenserum, sinkt infolgedessen zu Boden; bei der Backhausmilch dagegen ist es spezifisch leichter und schwimmt daher obenauf. Jedoch dürfen wir deswegen nicht annehmen, dafs es ein ganz anderes Kasein sei als in der Kuhmilch, denn nach dem Verdauungsprozefs mit Trypsin wird das Kasein in äquivalenter Menge nachträglich zugesetzt und dieses ist ja doch nichts anderes als Kuhmilchkasein.

Sterilisierte Kindermilch, Basel.

In Basel findet eine »sterilisierte« Kindermilch, welche vom dortigen Konsumverein hergestellt und vertrieben wird, einen regelmäfsigen und relativ hohen Absatz.

Über die Darstellung dieser Kindermilch habe ich vom Verwalter des Milchgeschäftes des A. C.-V., Herrn Reber, in zuvorkommender Weise folgende Anhaltspunkte erhalten:

Für die Herstellung von Kindermilch kommt nur die Milch von Kühen in Verwendung, welche ausschliefslich mit Trocken-

futter ernährt werden. Die Milch wird kurze Zeit nach dem Melken filtriert und mit automatischen Abfüllvorrichtungen in vorher gut gereinigte (aber nicht sterilisierte) Flaschen abgefüllt. Dieselben werden auf Flaschenlagern unverschlossen in den Sterilisationsapparat gebracht, in welchem sie während ungefähr 25 Minuten der Einwirkung des strömenden Wasserdampfes ausgesetzt werden, wobei die Temperatur eine Höhe von ca. 100° C. erreicht und ein leichtes Aufwallen der Milch in den Flaschen stattfindet. Hierauf werden die Flaschen herausgenommen und dieselben einzeln von Hand geschlossen und sofort wieder in den Apparat gestellt. Nun wird die Zufuhr von gespanntem Dampf in der Weise geregelt, dafs das Thermometer nach 15 Minuten eine Temperatur von 104° C. anzeigt, auf welcher Temperatur die in den verschlossenen Flaschen befindliche Milch während 20 Minuten gehalten wird. Nach dieser Zeit wird die Dampfzuleitung abgestellt, die Flaschenmilch aber noch während 10 Minuten in dem verschlossenen Sterilisationsapparate belassen. Zuletzt wird die fertige Kindermilch nach der Herausnahme noch einige Zeit von selbst an der Luft abkühlen gelassen, bis die Flaschen ohne Gefahr des Springens in fliefsendes Wasser gestellt werden dürfen.

Zum Verkaufe kommt diese Kindermilch in Flaschen à 5 Dz.-l. Der Verschlufs derselben unterscheidet sich von den übrigen in der Weise, dafs die Flaschenöffnung mehr weithalsig und der Verschlufs kein Drahtbügel, sondern ein Klemmverschlufs ist wie bei Limonadenflaschen.

Bei allen übrigen untersuchten Flaschen, in welchen Kindermilch zum Verkaufe gelangt, war, was die Gummiringe und Flaschen anbetrifft, vom hygienischen Standpunkte aus nichts auszusetzen. Die Gummiringe dieser Milchflaschen hingegen waren meist braun und unansehnlich, aufserdem wiesen der Verschlufs und der Flaschenhals stets Reste inkrustierter Milch auf.

Im Aussehen besitzt die Milch die weifsgelbliche Farbe, welche der gekochten Milch eigen ist. In den von mir untersuchten Fällen war die Farbe der Milch, welche von verschiedenen Sterilisationen herrührte, nicht immer gleich, was auf eine nicht immer gleichmäfsige Behandlung der Milch schliefsen läfst.

Über die chemische Beschaffenheit dieser sterilisierten Kindermilch gibt uns folgende Zusammenstellung Aufschlufs:

Tabelle XII.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Spezif. Gewicht	1,028	1,030	1,030	1,029	1,030	1,029
Fett	3,10	2,90	3,20	3,40	3,10	3,20
Trockensubstanz . . .	10,98	11,24	11,60	11,59	11,48	11,38
Fettfreie Trockensubstanz	7,98	8,34	8,40	8,19	8,34	8,25
Zucker	4,20	4,52	4,50	4,40	4,50	4,42
Asche	0,52	0,54	0,65	0,59	0,67	0,59
Gesamt-Eiweifs (N × 6,25)	3,16	3,28	3,25	3,20	3,21	3,22
Kasein	2,80	2,91	2,89	2,85	2,87	2,86
Albumin + Globulin . .	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24	0,25
N-haltige Rest-Stoffe . .	0,10	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10

Die 3. Abteilung bildet die kondensierte Milch, die ich aus dem Grunde in meine Untersuchung einbezogen habe, weil sie speziell für die Säuglingsernährung empfohlen und auch vielfach angewendet wird. Aufserdem wurde dieselbe zum Teil schon lange bevor man die sterilisierte Kindermilch in Flaschen kannte, für die Kindesernährung verwendet.

Was das Verfahren zur Herstellung dieser Milchkonserven anbelangt, so ist dasselbe bei allen im Prinzip das gleiche und unterscheiden sie sich zumeist nur durch die hierbei benutzten Apparate.

Das Eindicken geschieht in Kondensationsapparaten mit Hilfe des Vakuums bei einer Temperatur von 35—47° C., je nach der Beschaffenheit der zur Verwendung kommenden Milch. Nur bei der Romanshornermilch wird die Temperatur — der starken Veränderung der Milch nach — wohl höher gehen.

Die einen Fabriken, wie Cham und Stalden, machen einen Zusatz von Rohrzucker, während Nestlé (Vicking) und Romanshorn davon absehen. Dafs das Quantum der Milch, welches in der Schweiz zur Herstellung solcher Milchkonserven in Anspruch

genommen wird, kein geringes ist, geht aus der Tatsache hervor, daſs die Schweiz mit einer jährlichen Ausfuhr von ca. 13,434,000 kg kondensierter Milch, die noch im Steigen begriffen ist, den ersten Rang einnimmt.

Anglo Swiss Condensed Milk, Cham.

Die Anglo-Swiss-Condensed Milk Company (gegründet 1866) war die erste, die sich auf dem Kontinente mit der Herstellung von kondensierter Milch befaſste.

»Diese kondensierte Milch ist die beste kondensierte Kuhmilch und enthält keinen andern Zusatz als feinsten Zucker. Sie eignet sich für alle Zwecke, für welche gewöhnliche Milch Anwendung findet. Für Kinder ist kondensierte Milch selbst der besten Naturmilch vorzuziehen wegen ihrer sich gleichbleibenden Qualität, leichteren Verdaulichkeit und ihres Nichtsauerwerdens.«

Die Milch kommt in Blechbüchsen à 495,0 (Brutto) in den Handel. Jede Büchse besitzt zum Einfüllen eine Öffnung von der Gröſse eines 5-Frankenstückes, welche nach der Füllung zugelötet wird. Daſs durch das Zulöten die der Lötstelle benachbarten Milchteile angebrannt werden, was vielfach dem Zulöten als Nachteil vorgeworfen wird, konnte ich unter einer gröſseren Anzahl von Büchsen nie beobachten.

Tabelle XIII.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Wasser	23,83	23,55	23,92	24,85	24,01	24,05
Trockensubstanz	76,17	76,45	76,08	75,15	75,99	75,95
Fettfreie Trockensubstanz	66,17	66,65	66,48	65,65	65,79	66,14
Fett	10,0	9,8	9,6	9,5	10,20	9,80
Salze	2,21	2,13	2,18	2,14	2,19	2,17
Milchzucker	16,20	16,05	16,18	16,12	16,08	16,12
Rohrzucker	38,87	39,20	38,80	38,09	38,20	38,58
Gesamt-Eiweiſs	9,39	9,27	9,32	9,30	9,41	9,35
Davon:						
Kasein	8,28	8,26	8,22	8,17	8,30	8,24
Albumin + Globulin	0,86	0,80	0,82	0,84	0,83	0,83
N-haltige Rest-Stoffe	0,25	0,26	0,28	0,29	0,28	0,27

Der Inhalt der Büchsen ist von dickflüssiger Beschaffenheit, im Geruch angenehm, ebenso im Geschmacke, jedoch intensiv süfs, infolge des Rohrzuckerzusatzes. Keine von all den untersuchten kondensierten Milchsorten reicht in der schönen, rein weifsen Farbe und auch in dem angenehmen, die Einwirkung der Temperatur relativ wenig verratenden Geschmacke an die Chamermilch.

Das Ergebnis der Untersuchungen von fünf verschiedenen Büchsen ist aus der Zusammenstellung in Tabelle XIII (S. 355) ersichtlich.

Kondensierte Milch, Romanshorn.

Die kondensierte Milch der Condensed Milk Export Company Romanshorn kommt in Büchsen in den Verkehr. Das Schliefsen der Büchsen geschieht ohne Lötung. Die Büchsen sind nicht ganz gefüllt, daher ein Geräusch beim Schütteln und infolgedessen schwimmen in der kondensierten Milch bisweilen Fettklümpchen herum.

Tabelle XIV.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Wasser	62,25	62,02	61,90	62,20	61,95	62,06
Trockensubstanz	37,75	37,98	38,10	37,80	38,05	37,94
Fettfreie Trockensubstanz	27,95	27,78	27,70	27,70	27,75	27,76
Fett	9,80	10,20	10,40	10,10	10,30	10,16
Salze	12,30	2,31	2,21	2,25	2,20	2,25
Milchzucker	16,28	16,20	16,19	15,95	16,15	16,15
Gesamt-Eiweifs	9,37	9,27	9,30	9,50	9,40	9,36
Davon:						
Kasein	8,37	8,31	8,35	8,52	8,43	8,39
Albumin + Globulin	0,72	0,71	0,71	0,72	0,72	0,71
N-haltige Rest-Stoffe	0,28	0,25	0,24	0,26	0,25	0,25

Jeder Büchse entspricht demnach ca. 1 l Milch.

»Die Romanshorner Milch ist, nach der Etikette, reelle, unabgerahmte Kuhmilch, ohne irgend welchen Zusatz, ausschliefs-

lich durch Einkochen kondensiert und sterilisiert, daher absolut bacillenfrei und folglich Übertragung von ansteckenden Krankheiten von der Kuh auf den Menschen, wie Scharlach, Schwindsucht etc. unmöglich.«

Im Geruche verhält sie sich wie stark gekochte Milch, ebenso verrät sie im Geschmacke eine jedenfalls intensive Einwirkung einer höheren Temperatur; sie schmeckt rahmartig und wenig süfs, weil ungezuckert. Die Farbe ist stark gelblichbraun.

Die chemische Untersuchung ergab das in Tab. XIV (S. 356) dargestellte Resultat.

Kondensierte Milch Nestlé (Marke Vicking).

Ungezuckerte, sterilisierte und kondensierte Milch, Marke Vicking, ist nach Dr. Olav J. Olsens Verfahren zubereitet von Henry Nestlé.

Da über die Darstellung der Vickingmilch von der Fabrik keine Daten angegeben werden, aufser dafs sie wie die Chamermilch zubereitet werde, mufs ich mich auf den jeder Büchse beigegebenen Prospekt beschränken. Nach demselben ist »die Vickingmilch, nach einem neuen Verfahren hergestellt, eine durchaus reine Milch und Jedermann zuträglich. Die Vickingmilch ist, so lange die Büchse nicht geöffnet wird, von unbegrenzter Haltbarkeit. Frei von Mikroben und fremden Bestandteilen ist dieselbe von ärztlichen Autoritäten empfohlen.«

»Die Vickingmilch ist sehr leicht verdaulich und behält den köstlichen Wohlgeschmack der frischen Milch bei.«

»Die Vickingmilch enthält keine Fettkügelchen, wie die meisten der gegenwärtig in den Handel kommenden sterilisierten Milcharten.«

»Die Verpackung in Büchsen anstatt in Flaschen erleichtert den Transport, macht die Vickingmilch sehr billig und zur vorteilhaftesten sterilisierten Milch.«

»Man erhält sehr gute Resultate — für die Ernährung der Kinder — wenn man die Vickingmilch abwechslungsweise mit Nestlés Kindermehl, welches sich die Gunst aller Mütter erworben hat, verwendet« etc.

Was die Nichtausscheidung von Fettkügelchen — nach dem Prospekt ein besonderer Vorteil dieser Milch — anbetrifft, so stimmen meine Erfahrungen nicht ganz damit überein. Sie hat diesbezüglich keine Vorteile vor den andern. In allen von mir untersuchten Büchsen fand ich ausgebutterte Fettklümpchen. Desgleichen fand sich vielfach ein sandig anzufühlendes Sediment in den Büchsen vor, das sich als ausgeschiedener Milchzucker erwies. Aus einer Büchse konnte ich sogar Kristallkonglomerate von Milchzucker im Gewichte von 1—2 g erhalten. In der Farbe ist sie gelblichweifs, sie schmeckt rahmartig und verrät den Einflufs des Kochens.

Die chemische Zusammensetzung dieser Milch ist die folgende:

Tabelle XV.

	I %	II %	III %	IV %	V %	Mittel %
Wasser	62,67	62,56	62,63	61,98	62,44	62,45
Trockensubstanz	37,33	37,44	37,37	38,02	37,55	37,55
Fettfreie Trockensubstanz	27,73	27,74	27,87	28,02	27,75	27,82
Fett	9,60	9,60	9,50	10,00	9,80	9,70
Milchzucker	16,18	16,30	16,25	16,30	16,21	16,25
Salze	2,20	2,24	2,23	2,27	2,22	2,23
Gesamt-Eiweifs	9,35	9,30	9,39	9,45	9,32	9,36
Davon:						
Kasein	8,30	8,24	8,30	8,36	8,25	8,29
Albumin + Globulin	0,80	0,81	0,85	0,83	0,82	0,82
N-haltige Reststoffe	0,25	0,25	0,24	0,26	0,25	0,25

Condensed Swiss Milk, Bern.

Neben der Herstellung von sterilisierter Kindermilch in Flaschen und Büchsen (für den Export) sowie der Gärtnerschen Fettmilch befafst sich die Berner Alpenmilchgesellschaft Stalden

noch mit der Fabrikation von kondensierter Milch in Büchsen. Dieselben besitzen ein Gewicht von 495 g (Brutto) und werden ohne Lötung verschlossen durch einfaches Stanzen der Ränder.

»Diese schweizerische Alpenmilch zeichnet sich sowohl durch ihren reichen Gehalt wie durch ihren vorzüglichen Geschmack aus und diese Vorzüge behält sie in kondensiertem Zustande bei.«

»Die Berner Alpenmilchgesellschaft, in Mitte einer der reichsten Berggegenden der Schweiz gelegen, verarbeitet nur die vorzügliche Vollmilch dieser Gegend unter Anwendung eines neuen, vervollkommneten Verfahrens.«

In der Konsistenz ist diese kondensierte Milch dickflüssig-zähe. Die Farbe ist gelblich, die Milch im Geschmacke intensiv süfs, infolge des Zuckerzusatzes.

Jede Büchse besitzt, wie die Romanshorner Milch, eine Kontrollnummer. Die Beschaffenheit ist folgende:

Tabelle XVI.

	I %	II %	III %	IV %	Mittel %
Wasser	24,75	23,91	23,78	23,94	24,09
Trockensubstanz	75,25	76,09	76,22	76,04	75,91
Fettfreie Trockensubstanz	65,25	65,69	66,02	66,24	65,81
Fett	10,0	10,4	10,2	9,8	10,1
Asche	2,0	2,10	2,05	2,20	2,08
Milchzucker	16,08	16,12	16,10	16,05	16,08
Rohrzucker	37,95	38,15	38,52	38,60	38,30
Gesamt-Eiweifs	9,24	9,32	9,35	9,39	9,32
Davon:					
Kasein	8,26	8,34	8,37	8,40	8,34
Albumin + Globulin	0,72	0,70	0,69	0,71	0,70
N-haltige Rest-Stoffe	0,26	0,28	0,29	0,28	0,27

Nachdem wir die Darstellungsweise und Beschaffenheit der einzelnen sterilisierten Kindermilchpräparate kennen gelernt haben, wollen wir zum Schlusse unserer chemischen Untersuchung die Resultate derselben nochmals kurz rekapitulieren. Ich stelle die Mittelwerte, die aus den einzelnen Untersuchungen

gewonnen wurden, nebeneinander und gebe dabei auch gleichzeitig das Nährverhältnis der einzelnen Präparate an. Unter dem Nährverhältnis versteht man bekanntlich das Verhältnis der N-haltigen Bestandteile (= 1) zu den N-freien Nährstoffen (Fett- und Kohlehydrate). Dabei ist das Fett mit 2,5 multipliziert und so auf den Wert der Kohlehydrate gebracht (König 37).

Tabelle XVII.

	Trocken-substanz	Gesamt-Eiweiß	Kasein	Albumin + Globulin	N-haltige Rest-Stoffe	Fett	Zucker	Asche (Salze)	Fettfreie Trockensubstz.	Nähr-verhältnis
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Frauenmilch (nach Struve)	12,59	2,29	1,03	1,26	—	3,78	6,21	0,31	8,81	1 : 6,83
Flaschenmilch:										
Sanitätsmilch Dr. Gerber	12,74	3,21	2,55	0,56	0,10	4,06	4,71	0,71	8,66	1 : 4,62
Kindermilch Zentralmolkerei	12,72	3,34	3,05	0,22	0,09	3,91	4,78	0,72	8,84	1 : 4,36
Berner Alpenmilch	11,63	3,16	2,82	0,24	0,10	3,34	4,46	0,86	8,29	1 : 4,05
Gärtners Fettmilch	8,06	1,80	1,56	0,13	0,09	3,46	2,45	0,35	4,60	1 : 6,16
Lait sterilisé du Jura	12,05	3,27	2,94	0,25	0,10	3,54	4,55	0,71	8,51	1 : 4,09
Backhausmilch Nr. I	11,14	1,39	0,91	0,36	0,12	3,32	5,86	0,55	7,82	1 : 10,18
Sterilisierte Kindermilch Basel	11,38	3,22	2,86	0,25	0,10	3,20	4,42	0,59	8,25	1 : 3,86

	Wasser	Trocken-substanz	Gesamt-Eiweiß	Kasein	Albumin + Globulin	N-haltige Rest-Stoffe	Fett	Milchzucker	Rohrzucker	Asche (Salze)	Fettfreie Trockensubstz.	Nährverhältnis
Kondensierte Milch:	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Cham	24,05	75,95	9,35	8,24	0,83	0,27	9,80	16,12	38,53	2,17	66,14	1 : 8,44*)
Romanshorn	62,06	37,94	9,36	8,39	0,71	0,25	10,16	16,15	—	2,25	27,70	1 : 4,43
Nestlé	62,45	37,55	9,36	8,29	0,82	0,25	9,70	16,25	—	2,23	27,82	1 : 4,34
Bern	24,09	75,91	9,32	8,34	0,70	0,27	10,10	16,08	38,30	2,08	65,81	1 : 8,54*)

*) Zusatz von Rohrzucker.

Wenn wir die Resultate der Untersuchung der einzelnen Flaschenmilchsorten vergleichen wollen, so müssen wir von vornherein zwei Sorten ausscheiden: nämlich die Gärtnersche Fettmilch und die Backhausmilch.

Die übrigen fünf Präparate erweisen sich als Milchprodukte, die aus Vollmilch ohne irgend welche Veränderung, sei es durch Verdünnung und Zentrifugierung, oder durch chemische Eingriffe, hergestellt sind. Es sind Präparate, die im wesentlichen die Zusammensetzung einer guten Milch, wie sie das schweizerische Lebensmittelbuch verlangt, besitzen. Einzig die Berner Alpenmilch und die Basler Konsummilch zeigen, allerdings nur in Bezug auf die Trockensubstanz, Werte, die etwas unter den Anforderungen des Lebensmittelbuches stehen. Dasselbe schreibt für eine normale, nichterwärmte Marktmilch als Minimum eine Trockensubstanz von 12 % vor, was beide Sorten nicht ganz erreichen.

Der Zuckergehalt von 4,42 %—4,78 %, wie er in der Kuhmilch vorkommt, ist geringer als derjenige der Frauenmilch, wo derselbe 6,38—6,50 % erreicht. Dieser Defekt läfst sich bei Bedarf leicht durch einen entsprechenden Zusatz von Rohr- oder Milchzucker ausgleichen. Wir dürfen dabei immerhin nicht vergessen, dafs namhafte Forscher, wie Schlofsmann (59), es als zweifelhaft erscheinen lassen, ob der Milchzucker in der Frauenmilch identisch sei mit dem der Kuhmilch.

Der Aschengehalt (0,59—0,72 %) ist im Vergleiche zur Frauenmilch (0,26 %) ein relativ hoher, entsprechend dem durchschnittlichen Salzgehalte in der gewöhnlichen Kuhmilch.

Weniger grofs ist der Unterschied zwischen Frauenmilch und Kuhmilch bezüglich des Fettgehaltes. Im Mittel enthält die Frauenmilch nach den Analysen verschiedener Untersucher 2,60—4,07 event. 4,20 %, die sterilisierte Kindermilch 3,20—4,06 %. Doch ist, wie Schlofsmann (59) nachwies, das Fett der Frauenmilch viel feiner emulgiert, also auch leichter der direkten Resorption im Darme zugänglich. Durch das Sterilisieren wird der Unterschied noch gröfser und das Fett der Kindermilch physikalisch noch mehr verändert.

Tabelle XVIII.

	Fett %	Eiweiſs %
Frauenmilch	67	33
Sanitätsmilch Gerber	56	44
Kindermilch Zentralmolkerei	54	46
Berner Alpenmilch	51	49
Gärtners Fettmilch	65	35
Lait sterilisé du Jura	52	48
Backhausmilch Nr. I	71	29
Kindermilch Konsum	48	52
Kondensierte Milch:		
Vicking	51	49
Cham	51	49
Romanshorn	53	47
Bern	53	47

Dazu kommt noch, daſs in der Frauenmilch Fett und Kasein resp. die Eiweiſsstoffe zueinander in einem bestimmten Verhältnisse stehen und mag es von Interesse sein, dasselbe neben diejenigen Zahlen der Kindermilch zu stellen (Tab. XVIII).

Weit wichtiger sind die Unterschiede zwischen Frauenmilch und Kuhmilch in Bezug auf die N-haltigen Substanzen und zwar: speziell hinsichtlich dem relativen Mischungsverhältnisse der einzelnen Eiweiſskörper zueinander.

Nach unserer heutigen Auffassung enthält die Frauenmilch nicht nur einen, sondern vier Eiweiſskörper, nämlich Kasein, Albumin, Globulin und Opalisin. Lehmann (40) fand im Mittel Kasein zu 1,20% und Albumin zu 0,5%. Nach Schloſsmann (59) kommen 61,5% N aus dem Kasein und 38,5% N auf Albumin. Bei der Kuhmilch ändert sich das Verhältnis und steigt der Kaseingehalt. Zudem ist das Verhältnis von Kasein zu Albumin bei der Kuhmilch ein ziemlich konstantes, auf jeden Fall ist stets das Kasein der weit überwiegende Teil. Ganz anders bei der Frauenmilch, wo dieses Verhältnis im Laufe der Laktation sich umkehrt, wie dies aus einer Untersuchung von Edlefsen (16) hervorgeht, und welche auch die

Mannigfaltigkeit der Analysen unter den verschiedenen Untersuchern der Frauenmilch zum Teil erklären mag.

Tabelle XIX.

Frauenmilchanalyse nach Edlefsen.

Zeit nach der Geburt	Fett %	Zucker %	Gesamt-Eiweifs %	Kasein %	Albumin %	Verhältnis d. Eiweifs-Stoffe %
3. Tag	3,2	3,59	2,69	1,81	0,88	67 : 33
12. Tag	3,0	5,15	1,87	1,16	0,71	61 : 39
48. Tag	3,6	7,06	1,00	0,44	0,56	44 : 56
103. Tag	3,4	5,83	0,84	0,37	0,47	44 : 56
116. Tag	4,1	5,95	0,83	0,31	0,52	37 : 63

Es findet also nach dieser Analyse nicht nur ein Sinken der Eiweifskörper statt mit der nach der Geburt verstrichenen Zeit, sondern es wird auch das Verhältnis von Kasein und Albumin zu einander gerade umgekehrt. Diesem Mehrgehalt an Laktalbumin in der Frauenmilch schreibt Schlofsmann (59) insoferne eine Bedeutung zu, als dieses Albumin ein leicht resorbierbarer, schwefelhaltiger Eiweifskörper ist und anderseits durch den geringen Kaseingehalt und die relativ gröfsere Fettmenge die Gerinnung des Kaseins in der Frauenmilch eine äufserst feine ist.

Tabelle XX.

	Gesamt-Eiweifs %	Kasein (+ der beim Sterilisieren ausfallenden Albuminteile) %	Albumin + Globulin %	N-haltige Rest-Stoffe %
Frauenmilch (Mischmilch) 4. XII. 02	2,28	1,00	1,20	0 09
Rohe Kuhmilch (Zentralmolkerei) .	3,43	2,71	0,61	0,10
»Sanitätsmilch« (pasteurisiert) . .	3,21	2,60	0,56	0,10
Sterilisierte Kindermilch	3,34	3,04	0,22	0,10
Berner Alpenmilch	3,16	2,82	0,24	0,10
Gärtners Fettmilch	1,80	1,56	0,13	0,09
Lait sterilisé du Jura	3,27	2,94	0,25	0,10
Backhausmilch Nr. I	1,39	0,91	0,36	0,12
Basler Konsummilch	3,22	2,86	0,25	0,10

Ein weiteres wichtiges Moment ist das relative Mischungsverhältnis dieser verschiedenen Eiweiſskörper und zwar des Kaseins einerseits und der gelösten Albumine + N-haltigen Reststoffe anderseits, zueinander. Dieser Unterschied geht bei unsern sterilisierten Milchsorten deutlich aus folgender Vergleichstabelle hervor; sämtliche Analysen sind nach gleichen Methoden (Schloſsmann) gewonnen.

Schon eine oberflächliche Betrachtung zeigt uns, daſs diese Zahlen in Bezug auf die Eiweiſskörper sehr verschiedenwertig sind. Vor allem fällt uns der relativ geringe Kaseingehalt der Frauenmilch auf, der in der gewöhnlichen Kuhmilch resp. sterilisierten Kindermilch das $2^1/_2$—3fache beträgt, während der Albumingehalt, also das gelöste Eiweiſs, einen Betrag erreicht, der das Doppelte bis 6fache von dem in der Kuhmilch resp. sterilisierten Kindermilch ausmacht. Setzen wir statt der absoluten Werte die prozentualen Verhältnisse ein, so wird der Unterschied zwischen den einzelnen Milchproben ein noch deutlicherer:

Tabelle XXI.

	Kasein (+ der beim Erhitzen ausfallenden Albuminteile %	Gelöste Eiweiſs-Stoffe + N-haltige Rest-Stoffe %
Frauenmilch (Mischmilch)	44	56
Rohe Kuhmilch	81	19
Sanitätsmilch	81	19
Steril. Kindermilch, Zentralmolkerei .	91	9
Berner Alpenmilch	89	11
Gärtners Fettmilch	80	20
Lait sterilisé du Jura	89	11
Backhausmilch Nr. I	65	35
Basler Kindermilch	88	12
Vickingmilch Cond.	88	12
Chamermilch Cond.	88	12
Romanshornermilch Cond..	89	11
Bernermilch Cond..	89	11

Daraus ersehen wir, dafs in Bezug auf das relative Mischungsverhältnis die rohe Kuhmilch und die pasteurisierte Milch keine Abweichung untereinander zeigen. Dagegen ist das Verhältnis bei der ungleich stärker erhitzten, sterilisierten Kindermilch durch das beim Sterilisieren ausfallende Albumin in der Weise geändert, dafs das Verhältnis sich noch weit ungünstiger gestaltet gegenüber der an Laktalbumin so reichen Frauenmilch. Dafs dieser Unterschied ein gewichtiger ist, liegt auf der Hand und veranlafste ja auch Backhaus (2), einen Teil des überflüssigen Kaseins mit Lab und Trypsin zu verdauen, um so das Verhältnis des Kaseins zu dem gelösten Eiweifs der Zusammensetzung der Frauenmilch näher zu rücken.

Aufserdem ist dies Mischungsverhältnis noch von besonderer Bedeutung wegen des Phosphorgehaltes. Die Kuhmilch ist zwar, absolut genommen, reicher an phosphorhaltigen Substanzen, aber der gröfste Teil davon findet sich als Phosphat vor und nur ein kleinerer Teil in organischer Bildung, während es bei der Frauenmilch gerade umgekehrt ist. So finden wir nach Schlofsmann (59) in der Frauenmilch 35% des Phosphors im Kasein, 35% im Nucleon und 30% im Lecithin, in der Kuhmilch dagegen 35% im Kasein, 11% im Nucleon und Lecithin und 54% in Form der Phosphate, also in anorganischer Bindung. Nach unseren Kenntnissen über die Physiologie der Ernährung sind es gerade die organischen Phosphorverbindungen, die vom menschlichen Organismus am leichtesten aufgenommen werden, während die anorganischen nur einen geringen Phosphoransatz bewirken.

Ganz aufserhalb von allen anderen Kindermilchsorten steht die Backhausmilch und erübrigt es uns noch, auf dieselbe kurz einzugehen.

Die quantitative Bestimmung der einzelnen Eiweifskörper habe ich bereits Seite 351 angegeben. Um dieselbe mit der Frauenmilch vergleichen zu können, untersuchte ich eine Frauenmilchprobe (Mischmilch) vom 4. XII. 02 nach der gleichen Methode wie die Backhausmilch, wie dies aus folgender Tabelle hervorgeht:

Tabelle XXII.

	Backhausmilch Nr. I %		Frauenmilch %	
Kasein	63		43	
Albumin (gelöst)	14	37	44	57
Laktoproteine (Albumosen + Propepton)	16		8	
N-haltige Rest-Stoffe	7		5	

Danach liegt der grofse Unterschied zwischen der Backhausmilch und Frauenmilch in dem Verhältnis von gelöstem Albumin zu den übrigen Eiweifskörpern; die Frauenmilch enthält ungefähr 3mal mehr gelöstes Albumin als die Backhausmilch. Dagegen überwiegen in der Backhausmilch die sogenannten Laktoproteine (Albumosen und Propepton), die hier jedenfalls bereits als Verdauungsprodukte durch das Trypsin anzusehen sind. Ob dieser Ersatz des Albumins durch die Laktoproteine von irgend welchem Nachteil für den Säugling ist, will ich nicht entscheiden.

Die Veränderungen, die die Milch beim Erhitzen erleidet.

Dafs die Milch durch die Einwirkung einer höheren Temperatur namentlich in Bezug auf die Zusammensetzung der Eiweifskörper eine Veränderung erleidet, geht bereits aus den Untersuchungen der einzelnen Kindermilchsorten hervor. Auch Solomin (64) machte darauf aufmerksam, dafs der Gehalt der löslichen Eiweifsstoffe in der Milch durch das Erhitzen auf ca. $^1/_3$ zurückgehe.

Ich suchte nun zu erfahren, welche Veränderungen die Kuhmilch in Bezug auf die quantitative Zusammensetzung der Eiweifsstoffe erleidet, namentlich bei verschieden hohen Temperaturen und verschiedener Einwirkungsdauer derselben.

Zu diesem Zwecke wurde Marktmilch verschieden hohen Erhitzungsgraden, bei verschiedener Dauer derselben, unterworfen. Die 1. Probe wurde im Kochschen Topf 5 Minuten auf 100° erhitzt, ein damit eingesetztes Maximalthermometer zeigte 98,9° C.

Die 2. Probe kam in den Autoklaven, die Temperatur betrug während 5 Minuten 120° C. (Druck = 1 At.). Die 3. Probe befand sich ebenfalls im Kochschen Topf, die Dauer betrug 60 Minuten; die 4. Probe endlich wurde im Autoklaven 60 Minuten auf 120° C. gehalten. Das Ergebnis der Untersuchung ersehen wir aus der Tabelle 23. Die Milchproben wurden nach dem Erhitzen unverändert untersucht.

Tabelle XXIII.

	Gesamt-Eiweifs %	Kasein (+ der bei Steril. ausfallenden Albuminteile) %	Albumin + Globulin %	N-haltige Rest-Stoffe %	Farbe der Milch
Kontrollmilch	3,43	2,71	0,61	0,11	rein weifs
5 Min. auf 100° C.	3,36	3,00	0,25	0,12	Milch noch weifs
5 » » 120° »	3,28	2,95	0,20	0,13	» stark gelblich
60 » » 100° »	3,42	3,08	0,22	0,12	» gelblich braun
60 » » 120° »	3,23	2,85	0,23	0,15	» stark gebräunt

In einer 2. Untersuchung wurden die Proben in gleicher Weise hergestellt wie vorhin, dagegen nach dem Erhitzen der Milch und Wiedererkaltenlassen, dieselben wieder auf das ursprüngliche Gewicht gebracht, wodurch das Ergebnis, wie ersichtlich, etwas geändert wurde:

Tabelle XXIV.

	Gesamt-Eiweifs %	Kasein (+ der bei Steril. ausfallenden Albuminteile) %	Albumin + Globulin %	N-haltige Rest-Stoffe %	Farbe der Milch
Kontrollmilch	3,37	2,70	0,59	0,10	rein weifs
5 Min. auf 100° C.		3,01	0,25	0,11	Milch noch weifs
5 » » 120° »		3,06	0,20	0,11	stark gelblich
60 » » 100° »		3,01	0,22	0,14	gelblich-braun
60 » » 120° »		2,97	0,25	0,15	stark gebräunt

Es sinkt also beim einmaligen Erhitzen der Milch das Albumin, wie Solomin (64) feststellte, auf ein Drittel der ursprünglichen Menge in der rohen Milch, von da an wird nach obigen Unter-

suchungen das Mischungsverhältnis von Kasein einerseits und Albumin und Globulin und N-haltigen Reststoffe anderseits nicht mehr so stark alteriert, wie dies beim einmaligen Aufkochen der Fall ist, indem also von dem Albumin nur ein Teil gerinnt, aber selbst bei lange fortgesetztem Kochen nicht alles.

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Erhitzungsgraden sind nicht bedeutend. Es macht den Eindruck, als ob auch Veränderungen in Bezug auf die N-haltigen Reststoffe vor sich gehen würden, worauf ich mich aber nicht näher einlassen konnte und beschränke ich mich darauf, die gefundenen Resultate anderer Untersucher kurz anzuführen.

Nach Stocklasa (66) enthält die Frauenmilch 1,70—1,86‰ Lecithin, während er in der Kuhmilch nur 0,90—1,13‰ fand. Gerade diesen organischen phosphorhaltigen Stoffen, wie Nucleon und Lecithin, wird wegen ihrer leichten Resorbierbarkeit eine grofse Bedeutung beigelegt. Da die Milch meist verdünnt verabfolgt wird, so wird auch der Gehalt an diesen eiweifsartigen Stoffen noch mehr heruntergedrückt, während in der Frauenmilch der Gehalt an Nucleon und Lecithin mit der Sekretion der Milch steigt. Ferner wird der relativ geringe Lecithingehalt der Kuhmilch, wie Untersuchungen von Bordas und Racgkowsky (7) zeigen, durch die Erhitzung noch ziemlich bedeutend verringert. Nach diesen Autoren enthielt die untersuchte Milch 252 mg Lecithin im Liter. Wird nun die Milch während 30 Minuten über freiem Feuer auf 60° C. gehalten, so geht der Lecithingehalt auf 216 mg (= 14% Verlust), während 30 Minuten bei 80—95° C. auf 180 mg (= 28% Verlust) zurück. Geschieht die Erwärmung im Autoklaven 30 Minuten lang auf 105—110° C., so steigt der Verlust auf 30% des gesamten Lecithins. Beim Erhitzen im Wasserbade hingegen auf 95° C. ist der Verlust 12% geringer, weshalb die Autoren die Erhitzung im Wasserbade empfehlen. Damit stimmen zum Teil die Angaben Baginskys überein, der schon 1894 darauf aufmerksam machte, dafs das Lecithin durch Kochen zerstört werde. (1).

Neben diesen Veränderungen im Gehalte der Eiweifskörper gehen durch Erhitzen resp. Sterilisieren noch andere einher. So

wies Hotz (35) durch Bestimmung der Leitfähigkeit und Gefrierpunktserniedrigung nach, »dafs nicht nur ein Verlust an osmotisch wirksamen Molekülen, sondern auch an Jonen stattfindet« und »dafs durch das Kochen das Eiweifsmolekül in einen labileren Zustand übergeführt wird, wodurch es leichter in seine Spaltungsprodukte zerfällt.«

II. Bakteriologischer Teil.

Frühzeitig schon ging das Bestreben der Milchtechnik dahin aus, eine Milch herzustellen, die für längere Zeit haltbar und sie auch zum Transport in andere Gegenden, wo die Milchverhältnisse nicht so günstig waren, geeignet zu machen. Und zwar lange bevor man die Bedeutung und die Tätigkeit der Mikroorganismen überhaupt und die der Milch im besonderen zu würdigen verstand.

Der Franzose Appert war 1831 der Erste, der Nahrungsmittel, auch Milch, durch Erhitzen zu konservieren suchte.

Die ersten Forscher, welche sich mit der Bakteriologie in der Milchwirtschaft abgaben, waren Schröder und v Dusch (60), die sich bereits in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts unter anderem mit der Milch, namentlich ihrer Fäulnis und Gärung beschäftigten. Ihnen folgten Pasteur (50), Hoppe-Seyler (34), Schmidt (56), Gorup-Besanez (25) und andere mit Untersuchungen über die Zersetzung und Gerinnung der Milch, die zur Erklärung dieser Vorgänge das Vorhandensein gewisser Fermente annahmen, bis 1873 Lister (44) mit der Entdeckung des Bacterium lactis hervortrat und so damit wesentlich das Studium der »Infusorien« in der Milch förderte. Nun erschienen rasch zahlreiche Arbeiten verschiedener Forscher wie Hüppe (36), Marpmann (46), Escherich (20), Löffler (45) etc., die unsere Kenntnisse über die in der Milch vorkommenden Mikroorganismen erweiterten und das Verhalten und die Bedeutung der einzelnen genau erforschten, mit besonderer Berücksichtigung der in der Milch »normalerweise« vorkommenden Mikroben.

Bereits Lister (1873), W. Roberts (1874) und Watson Cheyne (1882) erbrachten den Beweis, dafs im gesunden Euter

die Milch keimfrei sei und auch steril daraus gewonnen werden könne. Es sind auch in neuerer Zeit verschiedene Apparate angegeben worden, um Kuhmilch vollkommen steril aufzufangen. Trotzdem ist diese Methode noch nicht praktisch verwertbar und müssen wir daher einstweilen mit bakterienhaltiger Milch rechnen. Die Milch ist für viele Bakterien ein vorzüglicher Nährboden und daher ist es erklärlich, dafs diejenigen Bakterien, welche während und durch das Melken in die Milch gelangen, sich darin reichlich vermehren und damit die Haltbarkeit der Milch beschränken.

Pasteur (50) hat durch seine genauen Untersuchungen 1860 den Nachweis erbracht, dafs die Milch viel schwerer keimfrei zu machen sei als gewöhnliche wäfsrige Lösungen und dafs eine Erhitzung auf 100° C. nicht genügt, um sämtliche in der Milch enthaltenen Keime mit Bestimmtheit zu vernichten. Durch seine Untersuchungen konnte er aber feststellen, dafs die Milch bei längerem Erhitzen und Steigerung der Temperatur auf 110—112° C. haltbarer und selbst eine nachträgliche Gärung aufgehoben wurde bei Anwendung dieser Temperatur und eines Druckes von $1^1/_2$ Atmosphären — also steril blieb, während die Gerinnung bei Einhalten einer niedrigeren Temperatur wie 70—75° C. auf längere Zeit hinausgeschoben werden konnte (Pasteurisieren).

Da diese Frage speziell für die Säuglingsernährung eine so wichtige war, nahm sich namentlich in neuerer Zeit die Milch- und Molkereitechnik der Herstellung der sogenannten sterilisierten Kindermilch an. Je nach der Bearbeitung resp. Behandlungsweise der Milch haben wir zwei Kategorien zu unterscheiden: die pasteurisierte (sogenannte krankheitskeimfreie) und die sterilisierte.

In bakteriologischer Beziehung kam die sterilisierte Milch des Handels in grofsen Mifskredit durch die klassische Arbeit Flügges (22), der nachwies, dafs in den meisten von ihm untersuchten Fällen, dieselbe nicht keimfrei war und zudem unter den die Sterilisation überstehenden Bakterien solche sich befanden, die giftige Toxine zu bilden im stande waren. Diese Bakterien der sterilisierten Milch brachte er ätiologisch in Be-

ziehung zu den Darmerkrankungen der Flaschenkinder. Erst durch diese grundlegenden Untersuchungen Flügges (22) ist die Frage der Sterilisierung der Milch wieder aktuell geworden und wurde man daran erinnert, dafs entgegen der ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht, das Erhitzen auf 100° C, das bekannte Soxhletsche Verfahren und andere, nur imstande waren, die Milch keimärmer, nicht aber keimfrei zu machen.

Die Forderung, nur sterile Milch in Verwendung zu bringen, stöfst auf grofse Schwierigkeiten. Es ist auch trotz längeren Kochens oder 1 stündigen Erhitzens in kochendem Wasser nicht möglich, die Milch vollständig keimfrei zu machen. Es sind hierzu besondere Verfahren notwendig, die in der Haushaltung nicht Anwendung finden können, da man einer Hausfrau nicht zumuten kann, für die Erwärmung der Milch stets einen Pappinschen Topf zu verwenden. Eine zu lang oder zu hoch erhitzte Milch erhält aber einen für viele Menschen unangenehmen »Koch«geschmack.

Die in der gekochten Milch enthaltenen Keime sind in der Regel für den Menschen nicht nachteilig wirksam und erst nach unzweckmäfsiger, zu langer Aufbewahrung können schädigende Eigenschaften infolge der starken Vermehrung der Bakterien und ihrer Stoffwechselprodukte hervorgerufen werden.

Da wir in der Haushaltung die Milch nicht steril, sondern durch Erhitzen nur keimarm machen können, so besteht die Notwendigkeit, die Milch nicht zu lange aufzubewahren, sondern, wie dies ja gewöhnlich geschieht, innerhalb 24 Stunden zu verbrauchen.

Anders steht es mit der fabrikmäfsig hergestellten, »sterilisierten« Milch. Diese Präparate müssen Wochen, Monate, ja Jahre lang in unverändertem Zustande verwendbar sein und es erscheint die Forderung, dafs diese Milch sicher steril hergestellt werde, berechtigt.

Dieses Sterilisieren hat aber nicht nur eine Veränderung des Geschmackes, sondern auch chemische Veränderungen zur Folge. Eine Anzahl Hygieniker und Kinderärzte haben beim Säugling — allerdings nur in vereinzelten Fällen — Erkran-

kungen beobachtet, welche sie der sterilisierten Milch zuschrieben (Barlowsche Krankheit). Aus diesem Grunde ist von verschiedener Seite statt der sterilisierten die Anwendung der pasteurisierten Milch, speziell für die Säuglingsernährung, anempfohlen worden.

Beim Pasteurisieren (65—70° C.), das in der Haushaltung sowohl als auch fabrikmäfsig betrieben werden kann, wird die Haltbarkeit der Milch nur um wenige Tage verlängert. Der Hauptzweck besteht darin, die spezif. Krankheitserreger, wie Tuberkelbacillen etc. zu vernichten. Die Temperatur von 65 bis 70° C. verändert die Eiweifskörper nicht wesentlich.

In neuerer Zeit setzte Weber (69) die Untersuchungen Flügges (22) in bakteriologischer Richtung fort. Er kam wie Flügge zum Resultate, dafs die bisher gebräuchlichen Milchsterilisierungsverfahren nicht im stande sind, mit absoluter Sicherheit keimfreie Milch zu liefern. Seit dem Erscheinen der Flüggeschen Arbeit wendete sich die Aufmerksamkeit der Hygieniker dieser Frage in erhöhtem Mafse zu und haben sich seither die Verhältnisse entschieden gebessert. So teilt Lehmann (41) mit, dafs ein Apparat von Flaak während 1jährigen Betriebes auch bei strengster Untersuchung nie ein Versagen der Sterilisation gezeigt.

Meine bakteriologischen Untersuchungen erstrecken sich auf die Zeit vom Mai 1902 bis Januar 1903 und umfassen 75 Flaschen aus 7 und 34 Büchsen aus 4 Milchanstalten. Die Flaschen wurden, wie bereits früher bemerkt, zu verschiedenen Zeiten aus den betreffenden Milchablagen und Apotheken bezogen, zum Teil auch einzelne direkt aus der Fabrik erhalten. Zur Untersuchung gelangte 1 pasteurisiertes, 6 sterilisierte und 4 kondensierte Milchpräparate.

Sämtliche zur Untersuchung gelangten Flaschen und Büchsen wurden unter sterilen Kautelen geöffnet und von mir auf ihren Keimgehalt geprüft. Bei der pasteurisierten Sanitätsmilch die nur »krankheitskeimfrei« ist, suchte ich die Keimzahl der in dieser Milch vorhandenen Mikroorganismen festzustellen.

Die meisten Flaschen wurden wenigstens 4—8 Tage, einzelne auf Wochen, im Brutschranke belassen und nachher unter sterilen Vorsichtsmafsregeln geöffnet, nachdem sie die Knackprobe bestanden. Zur Unterstützung der bakteriologischen Untersuchung diente die Feststellung der Reaktion, die Alkoholprobe und die Sinnesprüfung.

Als Nährboden diente Bouillon und Agar mit Traubenzuckerzusatz sowie Gelatine, die beiden ersteren wurden im Brutschranke bei 35° C., Gelatine bei 21,5° C. aufbewahrt. Die Untersuchung auf Anaeroben geschah mit Hilfe von Traubenzucker-Agar in hoher Schicht. Die Menge der angewandten Milch betrug 0,5 ccm.

Es lag nicht im Rahmen dieser Arbeit, eine erschöpfende systematische Bearbeitung der isolierten Bakterienflora zu geben. Ich beschränkte mich vielmehr darauf, den Keimgehalt überhaupt festzustellen. Das Resultat dieser Untersuchung ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle XXV.

Flaschenmilch	Zahl der untersuchten Flaschen	Davon waren	
		keimhaltig	keimfrei
Sterilisierte Kindermilch der Zentralmolkerei Zürich	12	2	10
Berner Alpenmilch	10	0	10
Prof. Gärtners Fettmilch	10	1	9
Lait stérilisé du Jura	15	0	15
Lait humanisé Backhaus	12	0	12
Sterilisierte Kindermilch, Konsumverein Basel	16	5	11

Kondensierte Milch	Anzahl der Büchsen	Davon waren	
		keimhaltig	keimfrei
Kondensierte Milch Cham . . .	10	10	0
Nestlé-Milch (Vicking)	8	0	8
Kondensierte Milch Romanshorn .	10	0	10
Kondensierte Milch der Berner Alpenmilchgesellschaft	6	6	0

Aus dieser tabellarischen Zusammenstellung geht hervor, dafs die »sterilisierte« Milch, trotz ihrer Aufschrift sehr oft nicht keimfrei ist. Dagegen ist die Zahl der keimhaltigen Flaschen oder Büchsen je nach der Provenienz verschieden. Die Zeit, ob Sommer oder Winter scheint nach meinen Untersuchungen für die schweizerischen Milchproben nicht ausschlaggebend zu sein, gerade wie dies Weber (69) für die von ihm in Deutschland untersuchten Milchpräparate fand. Weit entscheidender, aber nicht sicher, ist das Aussehen und der Geschmack. Jene Milch, die gelblich gefärbt und den Kochgeschmack deutlich verrät, ist weit eher keimfrei. Das Gleiche gilt auch für die Büchsenmilch. Jene Präparate, Romanshorn und Vicking, welche eine intensivere Einwirkung der Temperatur in ihren physikalischen Eigenschaften verraten, sind steril; die beiden anderen Sorten, welche sich der rohen Milch in Verhalten und Geschmack weit mehr nähern, sind dementsprechend keimhaltig, trotzdem z. B. jede Büchse der sonst vorzüglichen Chamermilch die Aufschrift »vollkommenste Sterilisation« und »unbegrenzte Haltbarkeit«, trägt. Aber beide enthalten bis zu 40% Rohrzucker. Da dieser Zusatz zur Milch vor dem Eindicken geschieht, so wird dadurch das spezifische Gewicht derselben stark erhöht, ebenso die Konsistenz. Es ist also nicht mehr so gut möglich, beim Eindicken im Vakuum die Milch so gleichmäfsig zu durchwärmen wie die ungezuckerte. Die Erhöhung der Temperatur vermag die Sporen nicht zu zerstören und daher auch die stets beobachtete Nichtsterilität dieser zuckerhaltigen Milchkonserven. Allerdings bildet der Rohrzucker einen sehr schlechten Nährboden für die resistenten Sporen der Heu- und Kartoffel-Bacillen, so dafs sie in der Milch nicht zum Auskeimen gelangen. Dafs dies selbst für Jahre gilt, konnte ich an einer Büchse aus der Sammlung des hiesigen hygienischen Institutes beobachten. Dieselbe wurde vor 8 Jahren angeschafft. Sie wurde steril geöffnet und mit dem entnommenen Material Kulturen angelegt, die nach 2 Tagen das Wachstum von Kartoffelbacillen zeigten. Diese hatten sich also in der Chamermilch unter äufserst ungünstigen Bedingungen 8 Jahre lang keimfähig erhalten.

In einzelnen Fällen blieben Milchflaschen bei mehrtägigem Stehen im Brutschranke scheinbar unverändert, erwiesen sich aber bei der Untersuchung trotzdem als keimhaltig. Eine Flasche der Basler Konsummilch war im Geschmacke ziemlich bitter und trotzdem gelang es mir nicht, daraus Bakterien zu isolieren. Bouillon und Agar — auch in hoher Schicht blieben nach 3 Wochen noch steril. Hingegen erwiesen sich zwei weitere Flaschen derselben Milchanstalt als nicht steril, von denen die eine nur schwach, die andere dagegen stark bitter schmeckte. Beide hatten auch die Alkoholprobe noch ausgehalten und machten sich somit nur durch den Geschmack verdächtig.

Als vollkommen steril erwiesen sich die Berner Alpenmilch, die Lait sterilisé du Jura und die Backhausmilch, von den kondensierten Milchsorten die Romanshorner und die Nestlémilch. Ein abschliefsendes Urteil ist infolge der relativ geringen Zahl der untersuchten Flaschen nicht gestattet.

Das günstige Ergebnis in der Sterilisation der Berner und Yverdoner Milch mag aufserdem zu einem sehr grofsen Teile dem Umstande zu verdanken sein, dafs schon ca. 3 Stunden nach dem Melken die Milch auf über 100° C. erhitzt, resp. sterilisiert ist.

Aufserdem werden die Gefäfse in den betreffenden Anstalten selbst peinlich gereinigt und mit strömendem Dampfe behandelt und nur so gereinigte Gefäfse für den Milchtransport verwendet.

Die in der Kindermilch gefundenen Bakterien.

Flügge (22) konnte in den von ihm untersuchten Milchsorten 4 Anaeroben und 12 aerobe, peptonisierende Bakterien isolieren, deren Sporen beinahe alle ein zweistündiges Kochen aushalten konnten. Ulrichs (68) fand in der sterilisierten Handelsmilch in Halle a. d. S. keine Anaeroben. Auch Weber (69) gelang es, aus 150 Milchproben nur zweimal anaerobe Bakterien zu erhalten.

Tabelle XXVI.

Beschreibung einiger aus der »sterilisierten« Milch gezüchteten Bakterien der Heu = bezw. der Kartoffelbacillengruppe.

Morphologie	Gelatine 21,5° C.	Agar 37° C.	Bouillon 37° C.	Milch 37° C.	Kartoffel	Herkunft
1. Kurze, plumpe Stäbchen, Ecken abgerundet, nach Gram färbbar, beweglich	Verflüssigend, Kolonie zuerst rund, dann lockenförmige Ausläufer	—	Bouillon diffus getrübt, Bodensatz flockig	Nach 4 Tagen geronnen, im Geschmacke bitter	—	Konsummilch, Basel
2. Dünne Stäbchen, Enden abgerundet, meist lange Ketten, beweglich	Kolonie rundlich, nicht ganzrandig, Gelatine n. 4 Tagen verflüssigt	—	Bodensatz flockig, mit Häutchen an der Oberfläche, Z.-B. nicht getrübt	Nach 5 Tagen geronnen, schwach bitter	Belag üppig, gelblichgrau, stark gefurcht	»
3. Kurze Stäbchen, beweglich	Kolonie mit gewundenen Ausläufen, nach 7 Tagen verflüssigt	—	Getrübt, flockiger Bodensatz	—	—	»
4. Dünne Stäbchen, lebhaft beweglich, nach Gram	Kolonie rund, ganzrandig, G. verfl.	—	Bouillon getrübt, zusammenhängende Kamhaut	Nach 10 Tagen geronnen	—	»
5. Längliche Stäbchen, beweglich, Enden abgerundet	Verflüssigend	—	B. diffus getrübt, Kamhaut	Nach 2 Tagen geronnen	—	Zentralmolkerei

6. Plumpe Stäbchen, kurz, beweglich, Enden abgerundet	Verflüssigend, Kolonie anfänglich ganzrandig	Weifslicher, glänzender Belag	Getrübt, zusammenhängende Kamhaut	Gerinnt n. 6 Tagen schleimig	Gelbl.-weifse graue Wucherung	»
7. Dünne Stäbchen, lebhaft beweglich, meist Ketten	Gelatine verfl.	matter, faltiger Belag	Dünnes Kamhäutchen, Bodensatz reichlich	Nach 3 Tagen geronnen	—	Berner Cond. Milch
8. Dicke Stäbchen, beweglich, n. Gram	»	Saftiger Belag	Diffus getrübt	Nach 48 Stunden geronnen	—	»
9. Plumpe Stäbchen, wenig beweglich	»	Belag matt	Flockiger Bodensatz, keine Kamhaut	Nach 48 Stunden geronnen	—	»
10. Ganz kurze, plumpe Stäbchen	»	Weifslicher, matter Belag, mit Falten	Getrübt	Nach 5 Tagen geronnen	—	Chamer-Milch
11. Kurze, plumpe Stäbchen, beweglich	»	Weifslicher, saftig glänzender Belag, dann wellig gefaltet	Gleichmäfsig getrübt	Nach 3 Tagen geronnen	—	»
12. Kurze, bewegliche Stäbchen	»	Grauweifs, anfängl. glänzend, später trockener Belag	Bouillon klar, Kamhaut	Nach 48 Stunden geronnen	—	»
13. Schlanke Stäbchen, lebhaft beweg.	»	Belag mattweis, später gefurcht	Flockig trübe	Nach 8 Tagen geronnen	—	»
14. Kleine Stäbchen, Enden abgerundet, beweglich	Kolonie mit fadenförmig. Ausläufern, Gelatine verfl.	Faltige Haut, trocken	Kamhaut gelblichgrau, später rotbraun	Nach 7 Tagen geronnen	—	»

In den 109 von mir untersuchten Milchproben gelang es mir nicht, Anaerobe zu isolieren. Alle in den 28 keimhaltigen Präparaten gefundene Mikroorganismen liefsen sich in die Subtilis- resp. Mesentericusgruppe einreihen. Die morphologischen Eigenschaften der einzelnen habe ich nicht näher untersucht.

Sämtliche Arten waren nach Tab. 26 imstande, die Milch zu peptonisieren. Nur die Zeitdauer bis zum Eintritt der durch die Bakterien bewirkten Gerinnung war bei den einzelnen verschieden. Während dieselbe bei einzelnen nach 2, andern nach 3 Tagen beobachtet wurde, erfolgte diese zweimal erst nach 8 Tagen.

Dafs dieselben auch sehr resistent sind gegen die Einwirkung höherer Temperaturen, geht aus den Untersuchungen Herzogs im hiesigen hygienischen Institut hervor, nach welchen einer der aus Chamermilch isolierten Kartoffelbacillen selbst nach einstündigem Verweilen in kochendem Wasser seine Entwicklungsfähigkeit nicht verloren hatte und auch die Einwirkung von erhitztem Wasserdampf während 3 Stunden überstand.

Das günstige Resultat der Berner Alpenmilchgesellschaft und der Société d'industrie laitièrè à Yverdon ist wohl in erster Linie darauf zurückzuführen, dafs in den betreffenden Etablissements eine strenge Milchkontrolle besteht. So wird nur die Milch ganz gesunder, tierärztlich kontrollierter Kühe verwendet. Was die sanitärischen Verhältnisse dieser und der übrigen Milchanstalten anbetrifft, so möchte ich an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen, dafs alle in ihre Milchlieferungsverträge sehr strenge Bestimmungen für den Lieferanten aufgenommen haben, so bezüglich des Gesundheitszustandes der Kühe, indem dieselben fortwährend von einem Tierarzte kontrolliert werden in Bezug auf Behandlung, Nahrung, Reinhalten der Kühe etc. und wird strenge auf gröfste Reinlichkeit gedrungen.

Untersuchung der pasteurisierten Milch.

Es erübrigt noch, auf eine Milch zurückzukommen, die ich in der Tabelle nicht angeführt habe. Es ist die von Dr. Gerber hergestellte, pasteurisierte, sogen. krankheitskeimfreie Kindermilch (Sanitätsmilch).

Im äufsern physikalischen Verhalten verrät sie die Einwirkung einer höheren Temperatur nicht. Da es sich um eine sog. »keimarme« Milch handelte, so wurde die Zahl der darin enthaltenen aeroben Keime festzustellen gesucht. Anaerobe, namentlich Buttersäurebakterien, kommen in der pasteurisierten Milch regelmäfsig vor (siehe Tabelle XXVII).

Die Milch stammte aus einer Ablage und wurde dort jeweils auf die bestimmte Zeit abgeholt, nach der Ankunft sofort Platten gegossen und zwar infolge der hohen Keimzahl nur mit 0,1 ccm des Materials. Gleichzeitig wurde auch Zuckerbouillon mit je 0,5 ccm der Sanitätsmilch beschickt, um aufallfällige Gasbildner zu prüfen. Sämtliche diesbezüglichen Proben ergaben ein negatives Resultat.

Tabelle XXVII.

Keimgehalt der Sanitätsmilch pro 1 ccm.

Tag der Entbebung	Nach 2 Tagen	Nach 3 Tagen	Nach 4 Tagen	Nach 5 Tagen	Nach 6 Tagen	Nach 7 Tagen
4. XI. 02	7 780	9 380	10 380	15 410	20 720	21 200
5. XI. 02	7 200	9 500	11 300	20 200	28 100	28 120
6. XI. 02	1 200	2 520	10 140	13 100	16 560	16 690
7. XI. 02	2 420	7 770	9 080	9 280	9 390	verfl.
8. XI. 02	2 190	3 290	4 410	verfl.	—	—
9. XI. 02	2 460	3 500	4 700	5 090	verfl.	—

In allen untersuchten Milchproben machten einen grofsen Prozentsatz die Bacillen aus der Gruppe des Subtilis und Mesentericus aus, mit Ausnahme vom 8. und 9. November, wo ca. $^2/_3$ der gewachsenen Keime sich als Mikrokokken erwiesen. Daneben wurden fast regelmäfsig Hefezellen nachgewiesen.

Von einer zur Kinderernährung bestimmten Milch mufs der Hygieniker verlangen, dafs die Keimzahlen in relativ niedern Grenzen sich bewegen. So wird auch bei der Beurteilung eines Trinkwassers auf eine bestimmte Keimzahl gedrungen. Im Anschlufs daran forderte bereits Flügge (22), dafs eine Milch nicht mehr wie 100000 Keime in 1 ccm enthalte. Auch von andern Forschern, wie Escherich (74), Knopf (75), Claufs (76) etc. wird bei der Beurteilung einer Kindermilch dieser Standpunkt vertreten.

Der Keimgehalt der frischen Milch ist schon ein relativ hoher. So fand Freudenreich (23) in einer Milchprobe die kurze Zeit nach dem Melken 9000 Keime in 1 ccm enthielt, nach 2 Stunden 36000, nach 4 Stunden 40000, nach 7 Stunden60000, nach 9 Stunden 120000 und nach 25 Stunden 5000000 (bei 15° C. aufbewahrt).

Wir finden auch in der frisch bezogenen pasteurisierten »Sanitätsmilch« eine durchschnittliche Zahl von 10—30000 in der Gelatine entwicklungsfähigen Keimen pro 1 ccm Milch. Diese Zahl kann bei längerer Aufbewahrung bedeutend höher steigen.

Dafs in der Sanitätsmilch keine virulenten Tuberkelbacillen enthalten sind, wurde durch Versuche in der hiesigen Tierarzneischule nachgewiesen.

Auf den ersten Blick mögen die obigen Zahlen bezüglich des Keimgehaltes in der pasteurisierten Sanitätsmilch vielleicht etwas hoch erscheinen, aber wir müssen bedenken, dafs bei der hygienischen Beurteilung einer Säuglingsmilch weniger die absolute Zahl der Keime eine Rolle spielt, als vielmehr die Gegenwart resp. Zahl ganz bestimmter Keime und zwar solcher, die selbst entweder pathogen wirken oder in der Milch Toxine zu bilden vermögen, wie Flügge unter den von ihm aus sterilisierter Dauermilch isolierten Bakterien gefunden hat. Bitter (6) hat durch zahlreiche Versuche nachgewiesen, dafs bei 65—70° C. die gewöhnlichen pathogenen Mikroorganismen zu Grunde gehen und die Milch somit durch Pasteurisieren unschädlich gemacht werden kann. Flügge schreibt den in der sterilisierten Milch des Handels gefundenen, peptonisierenden Bakterienarten eine schädliche Wirkung zu. Weber schiebt die Schuld an der Schädlichkeit derselben im Säuglingsdarm nicht so sehr ihrer Giftigkeit als vielmehr ihrer Fähigkeit zu, das Kasein der Milch rasch in Fäulnis zu setzen.

Unter den kondensierten Milchproben waren nach meiner Untersuchung nur jene Sorten steril, welche keinen Rohrzuckerzusatz erfahren hatten, nämlich Romanshorn und Vicking. Ich suchte nun auch bei der nicht sterilen Chamermilch und Berner Cond. Swiss Milk zu erfahren, wie viele Mikroben darin enthalten seien. Es wurden deshalb, allerdings mit nur

je einer Probe, Platten zu Zählungszwecken gegossen, mit je 0,1 ccm, unter sterilen Kautelen entnommener Milch. Danach enthielt die Chamermilch im Kubikzentimeter kondens. Milch 360Keime, die kondensierte Bernermilch 130 Keime. Die Untersuchung beider Sorten fand 7 Monate nach deren Einkauf statt. Als nach weiteren 3 Monaten eine noch restierende Büchse der Bernermilch geöffnet wurde, erwies sich dieselbe als sauer und beim Erwärmen der Milchlösung auf 80—90° C. war dieselbe grobflockig geronnen. Es hatte also trotz des luftdichten Verschlusses diese Büchsenmilch sich in diesem Falle nicht einmal 10 Monate lang (bei 15—18° C.) gehalten und kann demnach von einer »unbegrenzten Haltbarkeit« keine Rede sein. Besser hielt sich die Chamermilch, die, in gleicher Weise aufbewahrt, auch nach 10 Monaten noch keine Beeinträchtigung des Aromaserfahren hatte, trotz der — nur einmal festgestellten — gröfsern Bakterienzahl.

Aus den mitgeteilten Resultaten ist ersichtlich, dafs, ähnlich wie dies in Deutschland beobachtet wurde, auch die Milchpräparate der schweizerischen Fabriken nicht immer keimfrei sind. Bekanntlich hat Flügge diesen in der sterilisierten Milch enthaltenen peptonisierenden Bakterien eine grofse Bedeutung zugeschrieben, welche Ansicht namentlich von Duclaux (14) u. a. bekämpft worden ist. Es liegt nicht in unserer Absicht, ein Urteil in dieser schwierigen Frage zu fällen. Es darf hier wohl angeführt werden, dafs die Zahl der gefundenen Mikroorganismen in jedem Falle eine geringe war.

Verhalten von Bact. coli comm. gegen einige Milchsorten.

Zur diagnostischen Charakterisierung der Bakterien dient u. a. das Verhalten derselben gegenüber steriler Milch. Silberschmidt (62) machte zuerst die Beobachtung, dafs das Gedeihen resp. Wachstum einzelner Bakterien in der sterilen Milch oft ein ganz verschiedenes und wesentlich durch die Veränderung der Milch infolge des Erhitzens bedingtes ist. »Je höher die für die Sterilisierung angewandte Temperatur und je länger die Erwärmung, um so später tritt unter sonst gleichen Verhältnissen die Gerinnung ein.«

Ich untersuchte nun im folgenden das Verhalten dreier Colistämme gegenüber einigen Sorten der sterilisierten Milch des Handels, um so an Hand eines, allerdings einzelnen Versuches, zu prüfen, ob diese Beobachtung auch für die Kindermilch gilt.

Tabelle XXVIII.

1. Versuche mit Bact. coli comm. (Stammkultur) I. Bei 35° C. aufbewahrt.

	Nach 24 Stdn.	Nach 36 Stdn.	Nach 48 Stdn.	Nach 3 Tagen	Nach 4 Tagen	Geronnen
Gewöhnl. steril. Milch .	0	0	+	+	+	
Berner Alpenmilch . .	0	0	+	+	+	
Gärtners Fettmilch . .	0	0	+	+	+	
Backhausmilch . . .	+	+	+	+	+	
Lait sterilisé du Jura .	+	+	+	+	+	
Romanshornermilch . .	0	0	0	0	+	
Vickingmilch	0	0	+	+	+	

Tabelle XXIX.

2. Versuch mit Bact. coli, aus Fleisch stammend, II. 35° C.

	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	7. Tag
Gewöhnl. steril. Milch .	0	0	0	0	0	+
Berner Alpenmilch . .	0	0	0	0	0	+
Gärtners Fettmilch . .	0	0	0	0	+	+
Backhausmilch . . .	0	0	0	+	+	+
Lait sterilisé du Jura .	0	0	0	+	+	+
Vickingmilch	0	0	0	0	0	+
Romanshornermilch . .	0	0	0	0	0	+

Tabelle XXX.

3. Versuch mit Bact. coli aus dem Herzblute eines Meerschweinchens.

	Nach 24 Stdn.	Nach 36 Stdn.
Gewöhnl. steril. Milch .	+	+
Berner Alpenmilch . . .	+	+
Gärtners Fettmilch . . .	+	+
Backhausmilch	+	+
Lait sterilisé du Jura . .	+	+
Vickingmilch	+	+
Romanshornermilch . .	+	+

Nach diesen Versuchen ist die Wirksamkeit bei verschiedenen Stämmen von Bact. coli comm. auch eine verschiedene. Der aus dem Herzblute eines Meerschweinchens isolierte Colistamm vermochte alle Milchproben gleichschnell und nach kurzer Zeit zum Gerinnen zu bringen. Gröſsere Unterschiede zeigen sich dagegen bei der Stammkultur I des Hygiene-Institutes. Jene Milchproben, die, ihrem physikalischen Verhalten nach beurteilt, ziemlich gleichstark erhitzt worden waren, gerinnen übereinstimmend, jene Milchsorte, Romanshorn, die eine intensive Erhitzung durchgemacht, gerinnt bedeutend später, während die am wenigsten stark erhitzten, Yverdon und Backhaus, die Gerinnung schon nach 24 Stunden zeigen. Ähnliche Verhältnisse zeigt die aus Fleisch gezüchtete Colikultur II mit dem Unterschiede, daſs der Eintritt der Gerinnung bei der am wenigsten erhitzten Milch erst nach 4 Tagen erfolgt.

III. Teil. Künstliche Gerinnungs- und Verdauungsversuche.

I. Säurebindungsfähigkeit der einzelnen Milchpräparate.

Im kindlichen Säuglingsmagen ist der Aciditätsgrad, wenigstens nach den Angaben der einzelnen Autoren, sehr verschieden und wohl nicht zum geringsten abhängig von dem Alter. Schon Heubner (29) und van Puteren (55) wiesen nach, daſs die Acidität während der Verdauung bis zu einem gewissen Grade zunehme, nie aber das Maximum von 0,1% freie HCl überschreite, abgesehen von Verdauungsstörungen, wo die Secerniel rung von HCl im allgemeinen etwas geringer ist als beim normalen Magen. Es handelt sich hier um freie HCl, indem auch noch solche »gebunden« vorkommt. Bei Brustkindern soll nach einigen Autoren unter normalen Verhältnissen keine freie HC- vorkommen und auch Escherich (19) bezeichnet dieselbe als sehr gering, während Heubner (29) solche allerdings selten und in kleinen Mengen nachwies. Alle Untersuchungen aber ergeben, daſs im Anfange der Verdauung sehr wenig freie HCl vorhanden ist, wohl aber nach einer gewissen Zeit, was diese

Verschiedenheit der Ansichten zum Teil erklären mag. Es fand Wohlmann (71) $1^1/_4$ Stunden nach der Einnahme der Nahrung freie HCl, ebenso Leo (42), Bauer und Deutsch (8) nach $1^1/_2$—2 Stunden. Dies gilt für Kinder in den ersten 5 Lebensmonaten; bei älteren Kindern kann schon bedeutend früher freie HCl nachgewiesen werden.

Die im Säuglingsmagen befindliche Milch bindet die HCl gleich nach der Sekretion. Nach Ewald und Boas (21) vermengt sich die freie HCl mit den »Ingestis«, wird durch das in denselben befindliche Eiweifs und Alkali gebunden und erst wenn die Nahrung mit HCl gesättigt, kann freie HCl nachgewiesen werden. Dazu bemerkt Penzoldt (51), dafs demnach um so eher freie HCl nachgewiesen werden könne, je weniger Eiweifs und Alkalien in der zugeführten Nahrung sich vorfinden. Unter diesen eiweifshaltigen Körpern zeichnet sich, wie bereits Heubner (29), Escherich (19) und Müller (48) konstatiert haben, die Milch durch ein relativ hohes HCl-bindungsvermögen aus. So fand u. a. Heubner, dafs 100 ccm frische Kuhmilch 0,324 HCl zu binden im stande sei, Escherich (19) gibt als Bindungsvermögen 8—$9^1/_{10}$ N-Salzsäure für 50 ccm Frauenmilch an und für Kuhmilch 15—16 ccm. Nach Soxhlet (65) verbraucht 1 l Kuhmilch bis zum Auftreten von freier HCl (Methylorange) im Mittel 87 ccm und Frauenmilch im Mittel 28 ccm Normal-Salzsäure, die Kuhmilch also 3 mal soviel als die Frauenmilch.

Während Heubner (29) diese Eigenschaft der Milch deren Phosphorsäure und Kaseingehalt, Escherich (19) den Alkali- und Calciumsalzen zuschreiben, zeigte Müller (48), dafs das Eiweifs und die Salze diese Erscheinung bedingen.

Diese Untersuchungen der verschiedenen Autoren legen bereits nahe, dafs die Milch verschiedener Provenienz und bei sterilisierter Milch je nach der Sterilisation, ein ganz verschiedenes Affinitätsvermögen zur HCl bekunden möchten, entsprechend der verschiedenen chemischen Beschaffenheit und der durch das Sterilisieren bedingten Veränderung des Kaseins resp. der Calciumsalze.

Dies veranlaſste mich, bevor ich an die Untersuchung der Salzsäurebindungsfähigkeit der einzelnen Handelsmilchsorten herantrat, zu prüfen, in wie weit das Sterilisieren diese Affinität ändert, um so mehr als bereits Silberschmidts (62) Untersuchungen es möglich erscheinen lassen, »daſs die Menge der gebundenen HCl um so gröſser sei, je länger und je höher die Milch erhitzt wurde.«

Ich stellte zu diesem Zwecke Versuche an mit Milch, welche in gleicher Weise erhitzt wurde wie die auf Seite 367 analysierte Milch.

Je 20 ccm solcher Milch wurde mit $\frac{N}{5}$ HCl versetzt, tropfweise, bis auf Kongopapier bei der Tüpfelreaktion bleibende Blaufärbung eintrat.

Tabelle XXXI.

	I ccm	II ccm	III ccm	IV ccm	Mittel ccm
Kontrollmilch	5,5	5,4	4,8	5,0	5,1
5 Min. erhitzt auf 100° C.	6,1	6,2	5,2	6,0	5,7
5 » » » 120° »	6,7	6,7	5,3	6,0	6,1
60 » » » 100° »	7,0	6,8	5,2	6,0	6,2
60 » » » 120° »	6,1	6,2	5,2	5,4	5,7

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daſs durch die Einwirkung einer erhöhten Temperatur das Bindungsvermögen in der Weise geändert wird, daſs eine höher erhitzte Milch etwas mehr HCl zu binden vermag als die gleiche rohe Milch. Wenn wir dabei die chemische Analyse zu Hilfe nehmen, so ersehen wir daraus, daſs mit dieser Veränderung auch eine Steigerung des als Kasein ausgefällten Niederschlags Hand in Hand geht und in jenem Falle, wo das Kasein wieder zurückgeht, d. h. nach 60 Minuten langem Erhitzen auf 120° C., etwas weniger HCl gebunden wird. Es scheint diese Änderung aber nicht so sehr durch das Kasein als vielmehr durch die demselben inkorporierten Calciumsalze bedingt zu sein. Ein ähnliches Ergebnis liefert eine Zusammenstellung der HCl-bindung der einzelnen sterilisierten Handelsmilchpräparate, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

Tabelle XXXII.

20 ccm	I ccm	II ccm	III ccm	IV ccm	V ccm	Mittel ccm	$\frac{n}{5}$ HCl
Frauenmilch	2,2	1,8	2,4	2,0	1,6	2,0	
Zentralmilch, roh	4,1	5,5	4,8	5,0	4,9	4,8	
Sanitätsmilch Dr. Gerber	6,0	5,8	6,2	6,1	5,5	5,8	
Kindermilch, Zentralmolkerei	5,6	5,4	6,0	6,4	6,2	5,8	
Berner Alpenmilch	4,4	4,2	5,6	5,8	5,4	5,0	
Gärtners Fettmilch	3,2	3,4	3,8	3,5	3,0	3,3	
Lait sterilisé du Jura	5,2	5,6	5,8	6,2	5,9	5,7	
Backhausmilch Nr. I	2,3	3,2	3,3	3,8	4,0	3,3	
Kindermilch Basel	4,9	5,1	4,8	5,3	5,2	5,0	
Kond. Milch Romanshorn 35 g/100 ccm Wasser	4,9	4,4	4,8	4,5	4,3	4,5	
Kond. Milch Vicking, 35 g/100 ccm Wasser	4,0	3,8	3,7	3,9	4,1	3,9	
Kond. Milch Cham, 35 g/100 ccm Wasser	5,2	5,6	5,3	5,4	5,0	5,3	
Kond. Milch Bern, 35 g/100 ccm Wasser	4,8	4,7	5,1	4,9	5,0	4,9	

Die Unterschiede sind bei ein und derselben Milch zumeist weniger grofs als in Bezug auf die Milchproben untereinander. Es ist somit das Bindungsvermögen für HCl ziemlich verschieden je nach der Provenienz der Milch. Am nächsten zur Frauenmilch stehen in dieser Beziehung jene zwei Milchsorten, welche den geringsten Casein- resp. Eiweifsgehalt aufweisen: die Gärtner- und die Backhausmilch und können diese Präparate mit den andern nicht verglichen werden. Interessant ist der Vergleich zwischen der rohen und der erhitzten Milch aus der Zentralmolkerei, welche beinahe in sämtlichen Versuchen sehr deutliche Unterschiede aufweist. Die mitgeteilten Resultate gestatten noch nicht, ein abschliefsendes Urteil über diese Frage zu fällen.

Es darf vielleicht hier auf die Untersuchungen Cloettas (78) hingewiesen werden, der bei jungen Hunden, die mit Milch gefüttert wurden, keine, bei anderen Hunden vom gleichen Wurf, mit Fleischnahrung, deutlich freie HCl nachweisen konnte. Die Annahme, dafs auch nach lang dauernder Ernährung mit stark

erhitzter Milch erhöhte Salzsäuremengen vom Säuglingsmagen sezerniert werden, scheint namentlich in Anbetracht des Anpassungsvermögens des kindlichen Magens nicht unberechtigt zu sein und »diese monatelang dauernden, erhöhten Anforderungen an die Magentätigkeit, namentlich die gröfsere Säurebildung, können gewifs beim Säugling zu Störungen führen, welche sich vielleicht in Form von anämischen Zuständen bekunden.« [Silberschmidt (62)].

2. Labgerinnung bei einzelnen untersuchten Milchpräparaten.

Über die Einwirkung des Labfermentes auf gekochte, resp. erhitzte Milch liegen in der Literatur zahlreiche Angaben vor, die oft recht erheblich voneinander abweichen. Gegenwärtig steht wohl fest, dafs sowohl die Höhe der Temperatur als auch die Dauer der Erhitzung die Gerinnungsfähigkeit der Milch wesentlich beeinflufsen, wie aus neueren Untersuchungen von Zweifel (72), Conradi (10), Silberschmidt (62) etc. hervorgeht, indem längere Zeit erhitzte Milch garnicht oder erst nach Verlauf einiger Stunden gerinnt. Diese Verzögerung der Gerinnung kann allerdings, wie Zweifel (72) gezeigt hat, durch Zusatz bestimmter Mengen HCl oder gelöster Kalksalze (Conradi) aufgehoben werden.

Zweifel nimmt an, dafs die Gerinnung gekochter Milch im Magen immer schon nach wenigen Minuten erfolge. Dagegen teilt Soxhlet (65) mit, dafs gekochte oder sterilisierte Kuhmilch wohl in der Regel sofort im Magen des Säuglings gerinne, dafs manchmal aber auch bis zur Gerinnung 1 Stunde vergehe. Silberschmidt (62) zeigte durch Versuche am Menschen, dafs ein und dieselbe Milch, je nach dem Grade der Erhitzung, sich im Magen in Bezug auf Eintritt der Gerinnung ganz verschieden verhalte, in dem Sinne als dieselbe bei einer sehr stark erhitzten Milch weniger schnell eintrat als bei der Milch, die nicht so lange und so hoch erwärmt worden war. Es ist wohl anzunehmen, dafs diese Unterschiede noch gröfser ausgefallen wären, wenn es sich nicht im zitierten Falle um einen besonders sauer reagierenden Magen gehandelt hätte.

Da nun diese Verzögerung in der Gerinnung des Caseins bei der im Laboratorium hergestellten Milch eine verschiedene ist, so war anzunehmen, dafs auch die sterilisierte Milch des Handels sich dementsprechend verhalten würde.

Zweifel (72) ist der Ansicht, dafs die Labgerinnung die Verdauung einleite oder die erste Stufe der Caseinverdauung darstelle. Es darf deshalb dieses Moment nicht unberücksichtigt gelassen werden, wie es vielfach zu geschehen pflegt.

Aus diesem Grunde stellte ich, bevor ich an die diesbezügliche Untersuchung der einzelnen sterilisierten Milchsorten des Handels heranging, Versuche mit Milch an, die im Laboratorium selbst verschiedenen Erhitzungsgraden ausgesetzt worden war.

Als Ferment diente eine Lösung einer Tablette käuflichen Labes (Marke Beyer) in 100 resp. 500 ccm Wasser. Für jeden Versuch wurde die Lösung frisch bereitet. Die Ausführung geschah im Schafferschen Apparate bei 37° C. Die verwendete Milchmenge — in gleicher Weise behandelt, wie Seite 367 angegeben — betrug bei der selbst zubereiteten Milch je 100 ccm, bei der sterilisierten Kindermilch je 50 ccm.

Die Betrachtung der in den nachfolgenden Tabellen mitgeteilten Resultate ergibt, dafs ein deutlicher Unterschied in der Gerinnung durch Lab erfolgt je nach dem Grade der Erhitzung der Milch. Wie dies von verschiedenen Autoren angeführt worden ist, ist der Unterschied sowohl in der Raschheit der Gerinnung als auch in der Beschaffenheit des Gerinnsels wahrnehmbar.

Währenddem eine nicht erhitzte Milch schon nach 8 Minuten zu einem kompakten Käse gerinnt, tritt die Gerinnung bei derselben Milch, 5 Minuten auf 100° C. erhitzt, erst nach 25 Minuten, 60 Minuten auf 100° C. nach ca. 2 Stunden und nach 60 Minuten auf 120° C. gar nicht bezw. nicht innerhalb 5 Stunden ein (Tab. XXXIII).

Wird neben dem Lab HCl angewendet in einer Menge von 1 ccm $^1/_{10}$-Normal-HCl auf 100 ccm Milch, so erfolgt die Gerinnung auch in der 60 Minuten auf 120° C. erhitzten Milch. Auch in diesen Versuchen ist der Unterschied ein sehr deutlicher (Tab. XXXIV).

Des fernern wurde, nach dem Labzusatze, tropfweise HCl hinzugefügt, um die natürlichen Verhältnisse im Säuglingsmagen einigermafsen nachzuahmen. Die Menge der HCl war so berechnet, dafs die 100 ccm Milch nach dem fertigen Zusatz 2,5 ccm $\frac{n}{5}$ HCl enthielt. Nach Wohlmann (71) beträgt die freie HCl bei Brustkindern 0,831—1,8‰ freie HCl, welch letzterer Zahl diese 2,5 ccm $\frac{n}{5}$ HCl entsprechen würden. Dieser Zusatz von HCl bewirkt, dafs im allgemeinen das Gerinnsel lockerer in der Konsistenz und feinflockiger im Aussehen wird, indem voraussichtlich eine kombinierte Wirkung von Lab und HCl stattgefunden hat (Tab. XXXV).

Es braucht nicht betont zu werden, dafs die erhaltenen Resultate keinen absoluten, sondern nur Vergleichswerte darstellen und dafs aus den ziemlichen Unterschieden zwischen Tabelle 34 und 35 nicht weitgehende Schlufsfolgerungen gezogen werden können.

In Tabelle 36 wurde die Gerinnung geprüft bei Vermengung der Milch mit gleichen Teilen einer 6,5 proz. Milchzuckerlösung, wie dieselbe von Zweifel (72) für die Säuglingsernährung vorgeschlagen wurde. Dieser Zusatz verändert die Gerinnungsfähigkeit auch der nicht erwärmten Milch in der Weise, dafs das Coagulum weicher ist. Ferner sehen wir, dafs die Gerinnung nicht eine so bedeutende Verzögerung aufweist, wie man infolge der Verdünnung erwarten sollte.

In Tabelle 37 sind die Resultate bei gleichzeitigem Zusatz einer Lösung von Milchzucker 6,8% und Kochsalz 0,5%.

Die verschiedenen, mit den untersuchten Milchpräparaten ausgeführten Versuche sind in Tabelle 40 zusammengestellt. Wir sehen, dafs die Resultate den mit im Laboratorium erhitzter Milch vorgenommenen Versuchen in mancher Beziehung entsprechen. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dafs die Gerinnungsfähigkeit bei den einzelnen Kindermilchsorten sehr verschieden ist. Doch gilt auch hier, wenn wir das Aussehen und die chemische Analyse zu Hilfe nehmen, im allgemeinen der Satz,

»dafs jene Milch am spätesten den Eintritt der Gerinnung zeigt, die am längsten resp. am höchsten erhitzt worden ist, wodurch die Resultate Silberschmidts bestätigt werden. (62).

Die pasteurisierte Milch verhält sich in der Gerinnung wie ungekochte Milch.

Unter den kondensierten Milchsorten gerinnt die Chamermilch weitaus am schnellsten, sie scheint aber auch sonst die geringste Veränderung durch die Erhitzung erfahren zu haben. Das Gerinnsel ist bei dieser Milch stets ein feinflockiges.

Die Verschiedenheit der Gerinnung von ungekochter und erhitzter ist von verschiedenen Autoren nur zum Teil berücksichtigt worden. Soxhlet gibt an, dafs sterilisierte Milch in der Regel sofort im Säuglingsmagen gerinnt, manchmal aber auch erst nach 1 Stunde. Ellenberger und Hofmeister (17) schreiben dieser Nichtgerinnung der sterilisierten Milch resp. der Verzögerung der Gerinnung, die mangelhafte Ausnutzung sterilisierter Milch zu, indem dieselbe im Magen mehr oder weniger flüssig bleibe und so leicht und zu frühe aus dem Magen in den Darm übergehe. Aber auch im Darm gerinnt sie nicht wie frische Milch und vermag daher auch diesen rasch zu durchlaufen. Unter solchen Umständen kann also ein gröfserer Teil der sterilisierten Milch unverdaut abgehen. Bleibt die sterilisierte Milch aber lange genug im Magen und Darm, so wird sie auch gut verdaut und ausgenutzt.

Tabelle XXXIII.

Lab 1 ccm (1 : 100).

Behandlung der Milch	Beginn der Gerinnung nach	Geronnen nach	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	7 Min.	8 Min.	Kompakter Käse
5 Min. erhitzt auf 100° C.	25 Min.	30 Min.	Käse weich
60 » » » 100° »	1 Std. 35 Min.	1 Std. 45 Min.	Gerinnsel feinflockig
5 » » » 120° »	2 Std. 20 Min.	2 Std. 30 Min.	Gerinnsel breiig
60 » » » 120° »	Nach 5 Stdn. noch nicht geronnen		

Tabelle XXXIV.

Lab 1 ccm (1 : 100). Lab auf einmal zugesetzt, HCl nach und nach.

Behandlung der Milch	Geronnen nach	Zugesetzte HCl Tropf.	= ccm	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	5 Min.	5	0,2	Gerinnsel klumpig
5 Min. erhitzt auf 100° C.	13 Min.	25	1,0	» grobflockig
60 » » » 100° »	50 Min.	62	2,5	» feinflockig-breiig
5 » » » 120° »	42 Min.	56	2,2	» feinflockig
60 » » » 120° »	2 Std. 30 Min.	62	2,5	» gelatinös breiig

Tabelle XXXV.

Labzusatz 5 ccm (1 : 500). Lab und HCl tropfweise zugesetzt.

Behandlung der Milch	Eintritt der Gerinnung nach	Zugesetzte Menge von: Lab (1 : 500) Tropfen	= ccm	HCl $^1/_5$ N. Tropfen	= ccm
Kontrollmilch	28 Min.	18	0,6	9	0,3
5 Min. erhitzt auf 100° C.	42 »	30	1,1	14	0,5
60 » » » 100° »	53 »	38	1,4	17	0,6
30 » » » 110° »	55 »	128	4,9	56	2,2
5 » » » 120° »	63 »	130	5,0	64	2,5
60 » » » 120° »	68 »	130	5,0	64	2,5

Tabelle XXXVI.

Lab 1 ccm (1 : 500) und HCl 1 ccm $^1/_{10}$ N. auf einmal zugesetzt.

Behandlung der Milch	Eintritt der Gerinnung nach	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	5 Min.	Käse klumpenförmig
5 Min. erhitzt auf 100° C.	30 »	Käse weich
60 » » » 100° »	5 Std. 30 Min.	feinflockig
5 » » » 120° »	2 » 20 »	feinflockig
60 » » » 120° »	6 » 20 »	breiig

Tabelle XXXVII.

50 ccm Milch + 50 ccm Milchzuckerlösung 6,5 %. Lab und HCl allmählich zugesetzt.

Behandlung der Milch	Eintritt der Gerinnung nach	Zugesetzte Menge von Lab (5 ccm) 1 : 500 Tropf.	= ccm	HCl $\frac{n}{5}$ Tropf.	= ccm	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	35 Min.	40	1,5	18	0,7	Ganz weicher Käse
5 Min. erhitzt auf 100° C.	37 »	40	1,5	18	0,7	feinflockig
60 » » » 100° »	55 »	124	4,7	58	2,2	»
30 » » » 110° »	43 »	40	1,5	18	0,7	»
5 » » » 120° »	45 »	42	1,6	20	0,8	breiig
60 » » » 120° »	65 »	130	5,0	64	2,5	gelatinös

Tabelle XXXVIII.

50 ccm Milch + 25 ccm Milchzuckerlösung (6,5 %) u. 25 ccm NaCl (Lösung 0,5 %) Lab 5 ccm (1 : 500) und 2,5 ccm $\frac{n}{5}$ HCl allmählich zugesetzt.

Behandlung der Milch	Eintritt der Gerinnung nach	Zugesetzte Menge von Lab Tropfen	= ccm	HCl Tropfen	= ccm	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	37 Min.	40	1,5	18	0,7	Weicher Käse
5 Min. erhitzt auf 100° C.	52 »	44	1,6	22	0,9	grobflockig
60 » » » 100° »	75 »	130	5,0	64	2,5	breiig
5 » » » 120° »	80 »	130	5,0	64	2,5	feinflockig
60 » » » 120° »	90 »	130	5,0	64	2,5	schleimig

Tabelle XXXIX.

50 ccm Milch + 50 ccm H_2O + 2 Kaffeelöffel Kalkwasser, Lab 5 ccm (1 : 500) und 2,5 ccm $\frac{n}{5}$ HCl allmählich zugesetzt.

Behandlung der Milch	Eintritt der Gerinnung nach	Zugesetzte Menge von Lab Tropfen	= ccm	HCl Tropfen	= ccm	Beschaffenheit des Gerinnsels
Kontrollmilch	65 Min.		5		2,5	Käse
5 Min. erhitzt auf 100° C.	85 »		—		—	Grobflockig
60 » » » 100° »	95 »		—		—	breiig
30 » » » 110° »	95 »		—		—	feinflockig
5 » » » 120° »	105 »		—		—	»
60 » » » 120° »	180 »		—		—	schleimig

Tabelle XL.

Gerinnung der einzelnen Milchsorten durch Lab.

Lab 1 ccm (1 : 500).

Milchsorte	50 ccm Milch	50 ccm Milch + 1 ccm $\frac{n}{10}$ HCl	25 ccm Milch + 25 ccm Milchzuckerlösung (6,5 %)	25 ccm Milch + 25 ccm Milchzuckerlösung 1 ccm $\frac{n}{10}$ HCl	25 ccm Milch + 25 ccm Milchzuckerlösung + NaCl (0,5 %)	25 ccm Milch + 25 ccm Milchzuckerlösung + NaCl 0,5 + 1 ccm $\frac{n}{10}$ HCl
Sanitätsmilch (pasteurisiert) . .	14 Min.	11 Min.	38 Min.	9 Min.	32 Min.	25 Min.
Kindermilch Zentralmolkerei . .	4 Std. 25 Min.	3 Std. 20 Min.	5 Std. 10 Min.	4 Std. 15 Min.	6 Std. 50 Min.	6 Std. 20 Min.
Berner Alpenmilch	10 Std.	9 » 20 »	10 Std.	9 » 20 »	Nach 24 Std.	noch nicht
Gärtners Fettmilch	8 Std. 30 Min.	7 Std.	9 »	7 Std.	10 Std. 30 Min.	10 Std.
Lait ster. du Jura	7 » 30 »	5 Std. 10 Min.	7 Std. 10 Min.	6 Std. 10 Min.	8 » 50 »	8 Std. 30 Min.
Backhaus Nr. I	5 » 50 »	5 » 40 »	5 » 45 »	5 » 30 »	8 » 30 »	7 » 50 »
Basler Konsummilch	7 » 30 »	7 Std.	8 » 45 »	8 Std.	9 » 15 »	9 Std.
Cham 35 g/100 ccm	4 » 30 »	2 Std. 15 Min.	5 Std.	2 Std. 15 Min.	5 » 30 »	5 »
Romanshorn 35 g/100 ccm . . .	7 » 40 »	7 Std.	7 Std. 30 Min.	7 » 10 »	8 » 10 »	8 »
Vicking 35 g/100 ccm	7 » 50 »	7 Std. 20 Min.	7 » 40 »	7 » 30 »	8 » 30 »	7 Std. 50 Min.
Bern 35 g/100 ccm	6 Std.	5 » 30 »	6 Std.	5 » 30 »	—	—

3. Verdauungsversuche.

Wir haben bereits im chemischen Teile unserer Arbeit und aus unsern Ausführungen gesehen, daſs bei der Erhitzung nicht nur die anorganischen, sondern, was wohl noch wichtiger ist, die organischen Bestandteile und zwar besonders Eiweiſs- und eiweiſsartige Stoffe, verschiedenen Veränderungen unterworfen werden. In welcher Beziehung dieselben zur Verdauung im Säuglingsmagen stehen, ist noch nicht aufgeklärt.

Die so wichtige Frage der Verdaulichkeit verschieden hergestellter, zur Säuglingsernährung dienender Milch ist schon wiederholt eingehend studiert worden, zum Teil in Laboratoriumsversuchen, zum Teil mittels Versuchen am Säugling. In neuerer Zeit hat namentlich Zweifel sorgfältige und eingehende Laboratoriumsversuche angestellt. Er kommt zum Schlusse, daſs niemand mehr an der Behauptung festhalten könne, daſs die gekochte bezw. die im Soxhlet sterilisierte Milch »in vitro« schwerer verdaulich sei als nicht sterilisierte.

Von anderer Seite ist neuerdings wiederum der pasteurisierten Milch gegenüber der gekochten resp. sterilisierten der Vorzug gegeben worden. Der Engländer Dukes (15) geht sogar soweit, der rohen Kuhmilch auf Grund seiner praktischen Erfahrungen das Wort zu reden.

Da bereits Zweifel verschiedene Kindermilchpräparate, die in Leipzig in gröſserem Maſsstabe hergestellt werden, auf ihre Verdaulichkeit geprüft hat, so suchte ich dieselben Versuche bei den schweiz. Milchpräparaten anzustellen, um, wenn nicht absolute, so doch vergleichende Werte für die einzelnen Produkte zu erhalten. Es gelangten alle jene Milchsorten zur Untersuchung, die auch chemisch untersucht worden waren.

A. Untersuchungsmethode.

20 ccm Milch wurden mit einer Pipette in ein tariertes Becherglas gebracht, das Gewicht der Milch bestimmt und nun 2 ccm Lablösung zugesetzt. Mit dem Zusatze des sauren Magensaftes (10 ccm³) wurde stets 3—5 Minuten gewartet. Die ganze Verdauungsflüssigkeit wurde dann umgerührt, das Gefäſs mit

einem Uhrglase zugedeckt und im Thermostaten während drei Stunden auf 38—40° resp. 42° gehalten.

Die Zeitdauer eines Verdauungsaktes ist beim normalen Brustkinde eine relativ kurze. So geben einige Forscher wie Eppstein (18) und Leo (42) als normalen Verlauf die Zeit von 1—1½ Stunden an, Cassel (77) fand dieselbe zu zwei Stunden, van Puteren (55) sogar 2½ Stunden. Dies gilt nur für den Vorgang im normalen Säuglingsmagen. Treten pathologische Verhältnisse ein, so dauert es bedeutend länger, bis der Magen wieder entleert ist, ja die Verdauungsperiode kann bis auf 3,5 und mehr Stunden verlängert werden. Der zeitliche Verlauf der Verdauung ist somit ein relativ rascher. Trotzdem wählte ich, wie Zweifel, für meine Versuche eine Zeit von 3 Stunden, da, wie Zweifel (72) richtig bemerkt, dies die Zeit ist, die bei einem Säugling in der Regel von einer Nahrungsaufnahme zur andern eingehalten wird.

Zur konstanten Einhaltung der Temperatur wurde eine eigener Brutschrank eingestellt, in welchem die Bechergläser mit den zu verdauenden Milchproben während der Verdauung aufbewahrt wurden. Das Thermometer zeigte meist die Temperatur von 40—42° C.

Bei meinen ersten, orientierenden Versuchen verwendete ich, wie Zweifel es getan, Condoms, die in grofse Bechergläser mit Wasser eintauchten. Diese Einrichtung erwies sich als etwas umständlich und nachdem ich mich in einem Kontrollversuche überzeugt, dafs in den Condoms die Milch nicht besser verdaut wurde als in den gewöhnlichen mit Uhrgläsern zugedeckten Bechergläsern, ging ich davon ab. Um eine allfällige Verdunstung von Wasser aus der Verdauungsflüssigkeit zu verhindern, befand sich in dem Thermostaten ein offenes Gefäfs mit Wasser, wodurch eine feuchte Atmosphäre geschaffen wurde. Es war darum auch nie ein Beschlagen der Uhrgläser mit Condenswasser zu beobachten.

Als Labferment kamen Labtabletten zur Verwendung, welche hier gewöhnlich verkauft werden (Marke Beyer), im Gewichte von 1,0 g. Eine solche Tablette wurde in 100 ccm Wasser gelöst, 2,5 % NaCl zugesetzt und davon jeder Milchprobe, vor dem Zusatze des sauren Magensaftes, je 2 ccm hinzugefügt.

Der saure Magensaft selbst wurde, wie die nicht haltbare Lablösung, jedesmal frisch hergestellt. Er bestand aus 0,04 g Pepsin puriss. Merk., gelöst in verdünnter Salzsäure. Letztere war so eingestellt, dafs die 20 ccm Milch + 10 ccm sauren Magensaftes nach dem Vermengen je 1‰, 0,5‰ und 0,25‰ HCl enthielten. Die Lablösung wurde stets vor dem Magensafte zugesetzt. Auch durch diese, relativ grofse Menge Lab allein kam keine Milchprobe zur Gerinnung, wohl aber auf Zusatz des Magensaftes. Dabei wurde gleichzeitig beobachtet, dafs die eintretende Gerinnung stets verschieden war, je nach der Menge der zugesetzten Salzsäure. Bei jener Flüssigkeit, die 0,25‰ HCl enthielt, scheint, nach dem makroskopischen Aussehen zu urteilen, die Labgerinnung vorzuwiegen, es kam zu einer mehr oder weniger feinflockigen Gerinnung, wie sie spontan durch Lab allein erfolgt. Das Verhältnis änderte sich bei den andern Proben. Auf Zusatz des Magensaftes mit 0,5‰ HCl wirkten Säure und Labgerinnung in Kombination, während auf Zusatz der 1‰ Lösung die charakteristische feine bis schleimige Gerinnung der Säure eintrat, was sich auch beim Filtrieren störend bemerkbar machte, indem im letzteren Falle das Filtrat stets 1—2 mal zurückgegossen werden mufste, bis es klar durchging, was bei den beiden übrigen nicht der Fall war.

Als verdaut wurde das angenommen, was nach 3 stündiger Einwirkung des Verdauungssaftes beim Filtrieren das Filter passierte, der Rückstand auf dem Filter dagegen als unverdaut in Rechnung genommen. Dieser Filterrückstand wurde in einem Erlenmeyer nach Kjeldahl verascht und daraus der N bestimmt. Um genaue Vergleichswerte zu erhalten, wurde es so eingerichtet, dafs die Waschflüssigkeit stets ca. 100 ccm betrug, indem nach so langem Spülen die Chlorreaktion nicht mehr auftrat.

B. Verdauung der Frauenmilch.

Bevor ich an die Verdauungsversuche der einzelnen Kindermilchsorten herantrat, suchte ich zu ermitteln, in welcher Weise dieselbe bei der Frauenmilch stattfindet und um so gleichzeitig eine Norm für die Beurteilung resp. Vergleichung der Handels-

milch zu erhalten. Die Milch wurde mir aus Luzern zugeschickt und stammte für beide Versuche von ein und derselben Frau.

Die Anzahl der untersuchten Proben ist nur eine geringe und gestattet keine zu weit gehenden Schlüsse. Das Resultat war folgendes:

Tabelle XLI.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
27. XII. 02	1,023	1,4	0,3464	0,0192	94,4	0,0275	92,0	0,0329	90,5
31. XII. 02	1,024	1,5	0,3594	0,0249	93,0	0,0359	90,0	0,0414	88,4
					93,7		91,0		89,4

Es kann beim Zusatze des Labfermentes und des sauren Magensaftes keine Gerinnung beobachtet werden, oder sie ist so fein, dafs sie mit blofsem Auge kaum wahrnehmbar ist. Die verdaute Flüssigkeit filtriert ziemlich gut und ohne Zusatz von Calciumphosphat, wie ein solcher bei der Kaseinbestimmung nach Schlofsmann gemacht werden mufs.

C. Verdauungsversuche mit Kuhmilch und den Kindermilchsorten.

Ähnlich wie bei den Labgerinnungsversuchen stellte ich mit im Laboratorium selbst erhitzter Milch Versuche an und zwar mit roher und mit 60 Minuten auf 100° C. erhitzter. Nach dem Erwärmen im Kochschen Topfe wurde die Milch auf das ursprüngliche Gewicht ergänzt und die entstandene Rahmhaut nach Möglichkeit durch tüchtiges Umschütteln wieder zu zerteilen versucht.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dafs die Wirksamkeit des Pepsins eine sehr verschiedene ist, je nach dem betreffenden Präparat. Deshalb wurde, um brauchbare Vergleichswerte zu erhalten, für alle Versuche das gleiche Pepsin verwendet.

Im mitfolgenden sind die erhaltenen Resultate der Verdauungsversuche, sowohl der selbst zubereiteten Milch, wie der sterilisierten Kindermilchsorten mitgeteilt:

Tabelle XLII.
Milch, Zentralmolkerei (roh).

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
28. XI. 02	1,031	3,6	0,5185	0,0593	88,5	0,0690	86,6	0,0814	84,3
2. XII. 02	1,031	3,4	0,5264	0,0685	86,9	0,0863	83,6	0,1000	81,0
3. XII. 02	1,030	3,9	0,5222	0,0630	87,9	0,0904	82,6	0,1123	78,5
4. XII. 02	1,030	3,5	0,5245	0,0753	86,5	0,0986	81,2	0,1054	79,9
5. XII. 02	1,031	3,7	0,5265	0,0663	87,4	0,0852	83,8	0,0952	82,9
					87,4		83,5		81,3

Tabelle XLIII.
Gleiche Milch der Zentralmolkerei, 60 Min. auf 100° C. erhitzt.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
28. XI. 02				0,0683	86,8	0,0912	82,4	0,0990	80,8
2. XII. 02				0,0822	84,3	0,0992	81,1	0,1149	78,2
3. XII. 02				0,0830	84,1	0,1060	79,6	0,1310	74,9
4. XII. 02				0,0820	84,3	0,1029	80,4	0,1190	79,3
5. XII. 02				0,0742	85,9	0,0937	82,2	0,1016	80,7
					85,0		81,1		78,8

Tabelle XLIV.
Sanitätsmilch Dr. Gerber, Zürich.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
4. XII. 02	1,032	4,1	0,5265	0,0741	85,8	0,1206	77,1	0,1357	74,5
5. XII. 02	1,032	3,8	0,5162	0,0629	87,7	0,0945	81,7	0,1076	79,1
6. XII. 02	1,031	3,6	0,5080	0,0690	86,4	0,1038	79,5	0,1174	76,8
8. XII. 02	1,032	3,8	0,5227	0,0682	86,8	0,1015	80,5	0,1139	78,2
9. XII. 02	1,031	3,7	0,5205	0,0671	87,1	0,0999	80,8	0,1123	78,4
					86,7		79,9		77,4

Tabelle XLV.
Sterilisierte Kindermilch der Zentralmolkerei, Zürich.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
3. XII. 02	1,032	3,75	0,5178	0,0810	84,3	0,1090	78,9	0,1188	77,0
4. XII. 02	1,030	3,7	0,5233	0,0822	84,2	0,1000	80,8	0,1141	78,4
5. XII. 02	1,032	3,8	0,5263	0,0740	85,9	0,0985	81,7	0,1196	78,9
6. XII. 02	1,031	3,6	0,5237	0,0736	85,9	0,0996	80,9	0,1116	78,6
8. XII. 02	1,031	3,5	0,5195	0,0764	85,3	0,1050	79,8	0,1160	77,6
					85,1		80,5		78,1

Tabelle XLVI.
Sterilisierte Berner Alpenmilch, Stalden.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
8. XII. 02	1,028	3,3	0,5180	0,0685	86,7	0,0849	83,6	0,1055	79,4
9. XII. 02	1,029	3,6	0,5219	0,0639	87,5	0,0963	81,5	0,1180	77,4
10. XII. 02	1,028	3,6	0,5279	0,0739	86,0	0,1055	80,0	0,1230	76,7
11. XII. 02	1,030	3,4	0,5090	0,0622	85,7	0,0998	80,3	0,1119	76,0
12. XII. 02	1,030	3,3	0,5127	0,0728	85,8	0,1019	80,1	0,1180	76,8
					86,3		81,1		77,2

Tabelle XLVII.
Sterilisierte Kindermilch, Basel.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
8. XII. 02	1,030	3,7	0,5275	0,0923	82,5	0,1128	78,6	0,1302	75,3
9. XII. 02	1,029	3,3	0,5175	0,0791	84,7	0,1205	76,7	0,1299	74,7
10. XII. 02	1,030	3,5	0,5260	0,0941	82,1	0,1188	77,4	0,1341	74,5
11. XII. 02	1,030	3,6	0,5215	0,0871	83,3	0,1189	77,2	0,1313	74,8
12. XII. 02	1,029	3,4	0,5135	0,0878	82,9	0,1201	76,6	0,1283	75,0
					83,1		77,3		74,8

Tabelle XLVIII.
Lait sterilisé du Jura, Yverdon.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1‰ HCl		Magensaft mit 0,5‰ HCl		Magensaft mit 0,25‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
10. XII. 02	1,032	3,6	0,5232	0,0846	83,8	0,0945	81,9	0,1081	79,3
12. XII. 02	1,031	3,4	0,5211	0,0918	82,3	0,1000	80,8	0,1042	79,9
15. XII. 02	1,032	3,5	0,5286	0,0820	84,4	0,1108	79,0	0,1217	76,9
16. XII. 02	1,032	3,2	0,5135	0,0736	85,6	0,0893	82,6	0,1078	79,0
17. XII. 02	1,030	3,4	0,5199	0,0826	84,1	0,1039	80,0	0,1154	77,8
					84,0		80,8		78,1

Tabelle XLIX.
Lait humanisé Backhaus Nr. I.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1‰ HCl		Magensaft mit 0,5‰ HCl		Magensaft mit 0,25‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
27. XI. 02	1,030	3,6	0,2204	0,0308	86,0	0,0420	80,9	0,0507	77,0
28. XI. 02	1,030	3,3	0,2187	0,0355	83,7	0,0447	79,5	0,0524	76,0
29. XI. 02	1,029	3,3	0,2126	0,0239	88,7	0,0335	84,2	0,0385	81,9
1. XII. 02	1,030	3,2	0,2163	0,0242	88,1	0,0355	83,6	0,0402	81,4
2. XII. 02	1,030	3,4	0,2119	0,0246	88,4	0,0319	84,9	0,0382	81,9
					86,9		82,6		79,6

Tabelle L.
Gärtners Fettmilch (lait maternisé).

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1‰ HCl		Magensaft mit 0,5‰ HCl		Magensaft mit 0,25‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
19. XII. 02	1,0164	3,6	0,2894	0,0390	86,5	0,0480	83,4	0,0549	81,0
20. XII. 02	1,0154	3,5	0,2860	0,0337	88,2	0,0411	85,6	0,0506	82,3
21. XII. 02	1,0145	3,5	0,2862	0,0236	91,7	0,0332	88,2	0,0416	88,4
22. XII. 02	1,0160	3,3	0,2899	0,0334	87,7	0,0416	84,9	0,0515	81,5
23. XII. 02	1,0160	3,4	0,2794	0,0312	88,8	0,0412	85,2	0,0498	82,1
30. XII. 02	1,0158	3,2	0,2828	0,0342	87,9	0,0407	85,6	0,0484	82,9
					88,4		85,3		82,5

Tabelle LI.
Condensed Swiss Milk Cham, 35 g auf 100 ccm Wasser.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
5. I. 03	1,0863	3,3	0,5120	0,1001	80,2	0,1208	76,4	0,1326	74,1
6. I. 03	1,0870	3,2	0,5201	0,1019	80,4	0,1237	76,2	0,1393	73,2
7. I 03	1,0859	3,4	0,5172	0,0982	81,0	0,1251	75,8	0,1442	72,1
8. I. 03	1,0852	3,3	0,5157	0,0818	82,2	0,1139	77,9	0,1258	75,6
9. I. 03	1,0862	3,4	0,5099	0,0923	81,7	0,1172	77,0	0,1274	75,0
					81,1		76,6		74,0

Tabelle LII.
Kondensierte Milch Romanshorn, 35 g auf 100 ccm Wasser.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
5. I. 03	1,0309	3,5	0,5258	0,0684	86,4	0,0958	81,4	0,1695	79,0
6. I. 03	1,0306	3,35	0,5295	0,0686	87,0	0,1056	80,0	0,1228	76,8
7. I. 03	1,0303	3,4	0,5187	0,0877	83,0	0,1083	79,1	0,1248	75,9
8. I. 03	1,030	3,3	0,5202	0,0733	85,9	0,0988	81,0	0,1212	76,7
9. I 03	1,0308	3,4	0,5244	0,0734	86,0	0,1012	80,7	0,1232	76,5
					85,6		80,4		76,9

Tabelle LIII.
Kondensierte Milch Nestlé (Vicking), 35 g auf 100 ccm Wasser.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
17. XI 02	1,029	3,3	0,5201	0,0915	82,4	0,1103	78,5	0,1185	77,2
18. XI. 02	1,030	3,2	0,5260	0,0946	82,0	0,1167	77,8	0,1229	76,6
21. XI. 02	1,030	3,1	0,5184	0,0762	85,3	0,0901	82,6	0,1036	80,0
25. XI. 02	1,031	3,4	0,5212	0,0760	85,4	0,0948	81,8	0,1047	79,9
26. XI. 02	1,030	3,2	0,5008	0,0816	83,7	0,1046	79,1	0,1106	77,9
					83,7		79,9		78,3

Tabelle LIV.

Kondensierte Berner Alpenmilch, Stalden, 35 g auf 100 ccm Wasser.

Datum des Versuchs	Spez. Gew.	Fett %	Gesamt-N in %	Magensaft mit 1 ‰ HCl		Magensaft mit 0,5 ‰ HCl		Magensaft mit 0,25 ‰ HCl	
				Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %	Rückstand des N in %	Verdaut in %
10. XI. 02	1,0751	3,4	0,5186	0,0929	81,9	0,1191	76,8	0,1289	74,9
11. XI. 02	1,0683	3,3	0,5200	0,0873	83,2	0,1097	78,9	0,1242	76,1
12. XI. 02	1,0619	3,3	0,5188	0,0996	80,8	0,1151	77,8	0,1338	74,2
13. XI. 02	1,0695	3,2	0,5149	0,1034	79,9	0,1230	76,1	0,1343	73,9
14. XI. 02	1,0701	3,3	0,5222	0,0908	82,6	0,1222	78,5	0,1268	75,7
					81,6		77,6		75,1

Rekapitulieren wir nun am Ende unserer Verdauungsversuche noch einmal die gefundenen prozentualen Mittelwerte:

Tabelle LV.

	Magensaft mit 1 ‰ HCl verdaut in %	Magensaft mit 0,5 ‰ HCl verdaut in ‰	Magensaft mit 0,25 ‰ HCl verdaut in %
Frauenmilch	93,7	91,0	89,4
Milch, roh (Zentralmolkerei) . .	87,4	83,5	81,3
60 Min. auf 100° C. erhitzte Milch	85,0	81,1	78,8
Sanitätsmilch Dr. Gerber	86,7	79,9	77,4
Steril. Kindermilch. Zentralmolkerei	85,1	80,5	78,1
Berner Alpenmilch	86,3	81,1	77,2
Gärtners Fettmilch	88,4	85,3	82,5
Lait sterilisé du Jura	84,0	80,8	78,1
Lait humanisé Backhaus I . . .	86,9	82,6	79,6
Steril. Kindermilch, Basel . . .	83,1	77,3	74,8
Kond. Milch, Oham	81,1	76,6	74,0
Nestlé-Milch (Vicking)	85,7	79,9	78,3
Nestlé-Milch, Romanshorn . . .	85,6	80,4	76,9
Kond. Milch, Bern	81,6	77,6	75,1

Wie aus diesen Versuchen ersichtlich, nimmt die Frauenmilch in Bezug auf die Verdaulichkeit den ersten Rang ein. Es ist zwar bekannt, dafs die Frauenmilch sich durch den relativ grofsen Ge-

halt an sogenannten löslichen Eiweifsstoffen auszeichnet. Immerhin dürfte es von Interesse sein, eine genauere Analyse einer der verwendeten Frauenmilchproben an dieser Stelle anzuführen.

Tabelle LVI.

Frauenmilch 27. XII. 02	%	N in %
Fett	1,4	
Trockensubstanz	7,62	
Zucker	5,26	
Asche	0,20	
Gesamt-Eiweifs	2,16	0,3456
Davon:		
Kasein	1,16	0,1856
Albumin + Laktoprotein	0,90	0,1440
N-haltige Rest-Stoffe	0,10	0,0160

In der Frauenmilch, von welcher nach unsern Versuchen 94,4% in vitro verdaut wurden, waren im vornherein 46,4% des gesamten Stickstoffs in sog. löslicher Form vorhanden gewesen, als Lactalbumin, Lactoprotein und N. haltige Rest-Stoffe und mag dies, zum Teil wenigstens, die grofse »Ausbeute« erklären.

Es darf vielleicht nochmals betont werden, dafs die hier gewonnenen Resultate nur einen Vergleichswert besitzen und nicht etwa direkt der Verdaulichkeit der einzelnen Präparate im Säuglingsmagen entsprechen. Hier kommen noch viele Verhältnisse in Betracht, die der Versuch im Reagensglas nicht nachzuahmen im stande ist. Immerhin sind, wie aus den angegebenen Tabellen ersichtlich, die erhaltenen Werte von prinzipieller Bedeutung. Es mufs vorerst betont werden, dafs der Gehalt des künstlichen Magensaftes an HCl von grofser Wichtigkeit ist. In keinem Versuche hat die Verdauung mit 0,5‰ HCl ein so gutes Resultat ergeben wie mit 1‰.

Die Resultate der mit verschiedenen Milchproben des Handels ausgeführten Untersuchungen lassen sich nur bis zu einem gewissen Grade vergleichen. Grofse Unterschiede sind hier nicht zu verzeichnen. Auffallend ist immerhin, dafs, in Bestätigung der von Zweifel (72) mitgeteilten Resultate, ein deutlicher Unterschied zwischen roher, pasteurisierter, im

Laboratorium erhitzter und sterilisierter Milch des Handels in Bezug auf Verdaulichkeit in vitro **nicht** festgestellt werden konnte.

Der Salzsäuregehalt scheint nach unsern Versuchen nicht ohne Bedeutung zu sein, indem die Milchprobe, welche 1 ‰ HCl enthielt, eine gröfsere Menge Propeptone aufweist als die, welche nur 0,5 oder 0,25 ‰ HCl enthielt. Es erklärt sich diese Erscheinung vielleicht so, dafs, wie ich stets beobachten konnte, bei Gegenwart von nur 0,25 ‰ HCl die Labgerinnung, von der HCl unterstützt, eintritt und dabei die Säuregerinnung überwiegt. Bei der Frauenmilch und jenen Milchpräparaten, welche im Verhältnisse etwas kaseinärmer sind, machte sich die Quantität der Säure weniger bemerkbar. Dies Resultat würde mit den Versuchen Lindemanns (43) übereinstimmen, nach welchen das durch Lab gefällte Parakasein etwas schwerer verdaulich ist als das durch Säure gefällte Kasein.

Auf das Ergebnis bezüglich der einzelnen Kindermilchsorten näher einzutreten, erscheint mir nicht geboten.

Immerhin dürfen wir bei allen Versuchen, wie betont, nie aufser acht lassen, dafs es sich um Versuche »in vitro« handelt, Im Säuglingsmagen spielen ja noch viele andere Faktoren eine Rolle. Nicht zum wenigsten kommen noch hinzu die Motilität des Magens, die Resorption des Verdauten durch die Magenwand, die stete Sezernierung von Verdauungssäften etc., was wir alles bei unsern Versuchen in vitro nicht nachahmen können. Auch müssen wir berücksichtigen, dafs nach Biedert (79) und Zweifel (81) die verdauende Kraft des Magens, welche sich zusammensetzt aus HCl und Pepsin, im Säuglingsalter $^{2}/_{3}$ mal geringer ist als beim Erwachsenen.

Nach den Forschungen der neuesten Zeit wird die »Milchfrage« noch nach einem anderen Gesichtspunkte beurteilt werden müssen. Ich verweise nur auf die in der Milch bis jetzt gefundenen zahlreichen Fermente, wie sie von Escherich (85), Moro (85), Wassermann (87), Marfan (84) und Gillet (83), Dupouy (82), Bernheim-Karrer (86) etc. nachgewiesen worden sind.

Ob man bei der Beurteilung der verschiedenen Milchpräparate dem Vorhandensein oder Fehlen dieser Fermente eine gröfsere Bedeutung zuschreiben mufs als den Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung, wird die Zukunft lehren.

Die Resultate der mitgeteilten Untersuchungen lassen sich kurz folgendermafsen zusammenfassen:

I. Chemische Zusammensetzung.

1. Sämtliche untersuchten Flaschen- und kondensierten Milchpräparate entsprechen den Anforderungen des schweizerischen Lebensmittelbuches.

2. In allen untersuchten Proben ist infolge der Erhitzung der Gehalt der sogenannten »löslichen Eiweifsstoffe« auf etwa $^1/_8$ der in der normalen, unerhitzten Milch vorkommenden Menge herabgesunken. Eine Ausnahme bildet die pasteurisierte sogenannte »Sanitätsmilch«.

3. Die Backhausmilch, welche als »vollkommenster Muttermilchersatz« in den Handel gebracht wird, entspricht der in den Prospekten angegebenen Zusammensetzung nicht, indem — wahrscheinlich infolge der Sterilisation — das Verhältnis von Kasein zu den gelösten Eiweifsstoffen wesentlich geändert ist.

II. Bakteriengehalt.

4. In 28 von 109 untersuchten Flaschen und Büchsen konnten Bakterien durch Kulturen nachgewiesen werden, trotzdem in den meisten Fällen äufserlich keine Veränderungen an der Milch zu konstatieren waren. Die sogenannte »sterilisierte« Milch des Handels ist in der Schweiz, ähnlich wie in Deutschland, nicht immer keimfrei.

III. Gerinnungsfähigkeit und Verdaulichkeit.

5. Die Salzsäurebindungsfähigkeit der Milch ist je nach der Erwärmung und der Provenienz eine verschiedene.

6. Die Gerinnungsfähigkeit der Milch durch Labzusatz erweist sich bei den einzelnen Präparaten verschieden und um so mehr verlangsamt, je stärker die betreffenden Proben erhitzt worden sind.

7. Die Verdaulichkeit »in vitro« ist in den untersuchten Präparaten in allen Fällen ziemlich gleichwertig. Die kondensierten Milchsorten wurden etwas weniger ausgiebig verdaut als die Flaschenmilchpräparate. Die Menge der hinzugefügten Salzsäure spielt bei der künstlichen Verdauung eine ziemlich grofse Rolle. Bei 1 ‰ HCl Zusatz wurde stets mehr verdaut als bei 0,5 ‰ oder 0,25 ‰ HCl.

Ich erfülle zum Schlusse eine angenehme Pflicht, indem ich dem Direktor des hygienischen Instituts der Universität Zürich, Herrn Prof. Dr. O. Wyfs, für die im Laboratorium gewährte Aufnahme und Herrn Dozenten Dr. Silberschmidt für die Anregung, das lebhafte Interesse und die vielseitige Förderung, die derselbe meiner Arbeit stets zuteil werden liefs, meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Literatur-Verzeichnis.

1. Baginsky, Sommerdiarrhöen, Kuhmilchnahrung und Milchsterilisierung. Berl. klin. Wochenschrift 1894.
2. Backhaus, Über Methoden, die Kuhmilch der Frauenmilch ähnlicher zu gestalten. Journal f. Landwirtschaft, Bd. 44, S. 281.
3. Biedert, Die Kinderernährung im Säuglingsalter.
4. Derselbe, Virchows Archiv, Bd. 60, S. 352 ff.
5. Derselbe, Lehrbuch der Kinderheilkunde, 1894, XI. Auflage.
6. Bitter, Über Pasteurisierungsapparate. Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 8, 1890.
7. Bordas u. Racgkowsky, La semaine medicale, 1903, Nr. 2.
8. Baur u. Deutsch, Das Verhalten der Magensäuren, Motilität und Resorption bei Säuglingen und Kindern unter physiologischen und pathologischen Verhältnissen. Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd. 48, 1898.
9. Commaille, Jahresberichte der Chemie, 1868, S. 828.
10. Conradi, Über den Einfluſs erhöhter Temperaturen auf das Kasein. Münch. med. Wochenschrift, 1900, II. Abtlg.
11. Danilewsky u. Radenhausen, Untersuchungen über die Eiweiſsstoffe der Milch. In Petersen »Forschungen auf dem Gebiete der Viehhaltung und ihre Erzeugnisse«, 1880, Heft 9.
12. Duclaux, Comptes rendus 98, 1884.
13. Derselbe, Annales de l'institut de Pasteur.
14. Derselbe, Annales de l'institut de Pasteur, Paris 1895.
15. Dukes, Lancet, Juni 1901, zitiert nach Silberschmidt. Deutsche med. Wochenschrift, 1903.
16. Edlefsen, Über die Hauptunterschiede zwischen Kuhmilch und Frauenmilch und die Bedeutung der Ersatzmittel für Muttermilch. Münch. med. Wochenschrift, 1901, Jahrg. 48.
17. Ellenberger u. Hofmeister, Das Verhalten der sterilisierten Milch zum künstl. Magensaft. Zeitschrift f. Fleisch- u. Milchhygiene, Bd. 2.
18. Eppstein, zitiert nach Th. Hecker: Über die Funktionen des kindlichen Magens bei Verdauungskrankheiten. Jahrb. f. Kinderheilkunde, N. F. 56, Bd. 6, Heft 5.

19. Escherich, Die normale Milchverdauung des Säuglings. Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd. 27, 1887.
20. Derselbe, Zeitschrift f. Bakteriologie u. Parasitenkunde, 1889.
21. Ewald u. Boas, Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Verdauung. Virchows Archiv, Bd. 101, 1885.
22. Flügge, Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisation gegenüber den Darmkrankheiten der Säuglinge. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 17.
23. Freudenreich, Bakteriologie in der Milchwirtschaft, 2. Auflage, 1898.
24. Gärtner, Die Fettmilch, eine neue Säuglingsnahrung. Wiener med. Blätter, 1894.
25. Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiolog. Chemie, 3. Auflage, 1874.
26. Hammarsten, nach Stohmann Milch- u. Molkereiprodukte, 1898.
27. Derselbe, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. VII, S. 227 ff.
28. Hartung, Zusammensetzung und Nährwert der Backhausmilch. Jahrb. f. Kinderheilkunde, N. F. 55, 1902, Heft 6.
29. Heubner, Über das Verhalten der Säure während der Magenverdauung der Säuglinge. Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd- 32, 1891.
30. Hecker, Über die Funktionen des kindlichen Magens bei Verdauungskrankheiten. Jahrb. f. Kinderheilkunde, N. F. 56, Bd. 6, Heft 5, 1902.
31. Hoppe-Seyler, Handbuch der physiol.-chem. Analyse, 5. Auflage, 1893.
32. Derselbe, Zeitschrift für physiolog. Chemie, 1881, S. 275.
33. Derselbe, Archiv für patholog. Anatomie u. Physiologie, Bd. 17.
34. Derselbe, Über Fäulnisprodukte und Desinfektion. Mediz. chemische Untersuchungen, 1871.
35. Hotz, Physikalisch-chemische Untersuchung der Kuhmilch. Inaug.-Diss. Zürich 1903.
36. Hueppe, Untersuchungen über die Zersetzung der Milch durch Mikroorganismen. Bd. 2.
37. König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genufsmittel. 3. Auflage. Bd. II.
38. Lefort, Jahresberichte der Chemie, 1866, S. 747.
39. Lehmann, J., Handbuch der praktischen Hygiene.
40. Derselbe, zitiert nach »Fortschritte der Medizin«, Bd. 20, 1902.
41. Derselbe, zitiert nach Schwab. Münch. med. Wochenschrift, 1899.
42. Leo, Über die Funktionen des normalen und kranken Magens. Berliner klin. Wochenschrift, 1890.
43. Lindemann, Virchows Archiv, Bd. 149, S. 51.
44. Lister, zitiert nach Petri u. Massen.
45. Löffler, Über Bakterien in der Milch. Berl. klin. Wochenschrift. 1887.
46. Marpmann, Über die Erreger der Milchsäuregärung. Ergänzungshefte z. Zentralbl. f. Allgem. Gesundheitspflege, Bd. 2, Heft 12.
47. Musso, Jahresberichte der Tierchemie, 1877, S. 168.
48. Müller, Über das Verhältnis von Milch und Kasein zur Salzsäure. Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd. 34, 1892.
49. Olig, zitiert nach Hartung, l. c.
50. Pasteur, De l'origine des ferments, Comptes rendus. Tome 50, 1860.

51. Penzoldt, zitiert nach Th. Hecker a. a. O.
52. Peters, Untersuchungen über das Lab und die labähnlichen Fermente. Rostock 1894.
53. Petri u. Massen, Herstellung von Dauermilch etc. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, 1891, Bd. 7.
54. Pfeiffer, Jahresberichte der Tierchemie, 1884.
55. van Puteren, Über die Physiologie der Magenverdauung bei Brustkindern. Inaug.-Diss. Petersburg, nach Hecker l. c.
56. Schmidt, Ein Beitrag zur Kenntnis der Milch. Inaug.-Diss. Dorpat. 1874.
57. Schmidt-Mühlheim, Pflügers Archiv der gesamten Physiologie. Bd. 28, 1882.
58. Schlofsmann, Über die Eiweifsstoffe der Milch und die Methode ihrer Trennung. Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 22, 1896.
59. Derselbe, Über einige bedeutungsvolle Unterschiede zwischen Frauenmilch und Kuhmilch. Leipzig 1898.
60. Schröder und v. Dusch, Über Filtration der Luft in Bezug auf Fäulnis und Gärung. Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. 89, 1854.
61. Siegfried, Zur Kenntnis des Phosphors in der Frauen- und Kuhmilch. Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 21. 1895.
62. Silberschmidt, Über den Einflufs der Erwärmung auf die Gerinnung der Kuhmilch. Deutsche med. Wochenschrift, Nr. 27/28, 1903.
63. Simon, Beitrag zur Kenntnis der Eiweifskörper der Kuhmilch. Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 33, S. 466 ff., 1902.
64. Solomin, Über die beim Erhitzen der Milch ausfallenden Eiweifsmengen. Archiv f. Hygiene, Bd. 28, 1897.
65. Soxhlet, Münch. med. Wochenschrift, 1900, II. Abtlg.
66. Stocklasa, Zur Kenntnis des Phosphors in der Frauen- und Kuhmilch. Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 23.
67. Treadwell, Kurzes Lehrbuch der analyt. Chemie, II. Teil, p. 49.
68. Ulrichs, Können die in sterilisierter Milch nicht selten persistierenden, sehr widerstandsfähigen Keime unter Umständen auch die Ursache des Brechdurchfalls der Kinder werden? Inaug.-Diss. Halle a. S. 1898.
69. Weber, Die Bakterien der sog. sterilisierten Milch des Handels, ihre biologischen Eigenschaften und ihre Beziehung zu den Magendarmkrankheiten der Säuglinge, mit besonderer Berücksichtigung der giftigen, peptonisierenden Bakterien Flügges. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. 17, 1900.
70. Weyl, Th., Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 11, S. 2176.
71. Wohlmann, Über die Salzsäureproduktion des Säuglingsmagens im gesunden und kranken Zustande. Jahrb. f. Kinderheilkunde, Bd. 32, 1891.
72. Zweifel, Ätiologie, Prophylaxis und Therapie der Rhachitis. Leipzig 1900.
73. Sebelien, Zeitschrift f. physiolog. Chemie, Bd. 9, S. 460 ff. u. Bd. 13, S. 167 ff.
74. Escherich, Zentralblatt für Bakteriologie u. Parasitenkunde, Bd. VI, Nr. 20.
75. Knopf, Zentralblatt für Bakteriologie u. Parasitenkunde, Bd. VI.

76. Claufs, Bakteriologische Untersuchung der Milch im Winter 1888/89. Inaug.-Diss. Würzburg.
77. Cassel, Zur Kenntnis der Magenverdauung bei Atrophia infantum. Archiv f. Kinderheilkunde, Bd. XII.
78. Cloetta, Zur Kenntnis der Salzsäuresekretion. Münch. med. Wochenschrift, 1902, Nr. 32.
79. Biedert, Lehrbuch der Kinderheilkunde, 1894, XI. Auflage.
80. Schweizerisches Lebensmittelbuch für Nahrungsmittelchemiker. Methoden für die Untersuchung und Normen für die Beurteilung von Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen. Bern 1899.
81. Zweifel, Untersuchungen über den Verdauungsapparat der Neugebornen. Berlin 1874, nach Hecker l. c.
82. Dupouy, Études des propriétés oxydantes de certains lait. Thèse 1897. Contribution à l'étude des ferments oxydants des liquides de l'organisme. Thèse de Bordeaux 1899.
83. Gillet, Le ferment oxydant du lait. Journal de physiol. et de pathologie generale 1902.
84. Marfan u. Gillet, Über zwei Fermente der Milch. Monatsschrift f. Kinderheilkunde, 1902, Nr. 2.
85. Moro, E., Über die Fermente der Milch. Jahrb. f. Kinderheilkunde, N. F. 56, III. Folge, 6. Band.
86. Bernheim-Karrer, Zentralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde, 1902.
87. Wassermann, Deutsche med. Wochenschrift, 1902.



